

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

# LIBRO BLANCO DE LA PROSPECTIVA TIC

## Proyecto 2020



Ministerio de  
Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva  
Presidencia de la Nación



Secretaría de  
Planeamiento y Políticas  
Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva

República Argentina  
15 de julio de 2009



# Autoridades

PRESIDENTA DE LA NACIÓN  
**Cristina Fernández de Kirchner**

MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA  
**Lino Barañao**

SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS  
EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA  
**Ruth Ladenheim**

SUBSECRETARIO DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA  
**Guillermo Venturuzzi**

DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS  
**Antonio Arciénaga**

Libro blanco de la prospectiva tic : proyecto 2020. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2009.  
368 p. ; 23x16 cm.

ISBN 978-987-1632-00-8

1. Tecnología de Información y Comunicación.  
CDD 003.5

Fecha de catalogación: 12/08/2009

# **Responsables de la elaboración del Libro Blanco de la Prospectiva TIC Proyecto 2020**

EQUIPO TÉCNICO DEL MINISTERIO DE CIENCIA  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

Coordinadora general

Alicia Recalde

Coordinadores técnicos

Manuel Marí

Ricardo Carri

Asistentes técnicas

María Paula Stivaletta

Patricio Carri

COORDINADORES

5

Gabriel Baum, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)  
Alejandro Artopoulos, Universidad de San Andrés (UDESA)

CONSULTORES

Carolina Aguerre, Universidad de San Andrés (UDESA)  
Ignacio Albornoz, Consultor Universidad Nacional General Sarmiento (UNGS)  
Verónica Robert, Universidad Nacional General Sarmiento (UNGS)

## Colaboraron

Abulafia Axel, Globant

Acosta Nelson, Grupo Inca/Intia, Facultad de Ciencias Exactas (UNCPB)

Agamennoni Osvaldo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Albano Daniel, Instituto Nacional de la Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación

Alfie Celia, LatIPnet

Altszul Jonatan, Aconcaguaventures

Anesini Alberto, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)

Arancibia Juan Carlos, Centro de Electrónica e Informática (INTI)

Barbaglia Cesar, Fundación PROYDESA

Barragán Gustavo, Centro de Estudios e Investigaciones Laborales - Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo (CEIL PIETTE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Cámara de Electrónica e Informática del Litoral

Becerra Martín, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)

Boria Jorge, Liveware

Bosch Marcelo, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Braberman Victor, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Campo Marcelo, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN)

Cayssials Ricardo, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)

Ceria Santiago, Hexacta

Cousseau Juan, Universidad Nacional del Sur (UNS), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Dmitruk Andrés E. , Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

Dvorkin Eduardo N., SimTek

Fernández Alejandro, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Fischer Maximiliano, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

Galarza Cecilia, Universidad de Buenos Aires (UBA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Greco Manuel, XOLSA

Grobocopatel Gustavo, Los Grobo

Hueda Mario, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Jacovskis Pablo, Universidad de Buenos Aires (UBA)  
Jaffrot Emmanuel, Universidad Nacional de San Martín (UNSM)  
Jalón Osvaldo, Centro de Electrónica e Informática (INTI)  
Kozák Débora, Instituto Nacional de la Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación  
Lancioni Walter, Universidad Católica de Córdoba (UCC)  
Losiggio Daniela, Globant  
Luppi Daniel, Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), Centro de Electrónica e Informática (INTI)  
Mandolesi Pablo, Universidad Nacional del Sur (UNS)  
Mastrini Guillermo, Universidad de Buenos Aires (UBA)  
Michelis Pablo, Microsoft  
Milocco Rubén, Universidad Nacional del Comahue, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Monreal Gerardo, Allegro Microsistemas  
Monteverde Héctor, Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET), Ministerio de Educación de la Nación  
Moresco Mauricio, Fund. Trazar  
Muravchik Carlos, Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)  
Nemirovsky Adolfo, Encuentro de Cooperación Diáspora Argentina (Ecodar)  
Oliva Alejandro, Universidad Nacional del Sur (UNS)  
Orozco Javier, Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)  
Pallotti Carlos, Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI)  
Pataro Graciela, Universidad de Buenos Aires (UBA)  
Patiño Daniel, Facultad de Ingeniería (UNSJ)  
Pedro Julián, Universidad Nacional del Sur (UNS)  
Pérez Alfredo, Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET), Ministerio de Educación de la Nación  
Pérez Puletti Ángel, Baufest  
Petrashin Pablo, Universidad Católica de Córdoba (UCC)  
Prince Alejandro, Cooke & Prince  
Racca Fernando, Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI)  
Romaniz Susana, Fundación Trazar  
Sabelli Nora, Center for Technology in Learning (CTL), Stanford Research Institute (SRI), EEUU  
Scolnik Hugo, Universidad de Buenos Aires (UBA)  
Spositto Osvaldo, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

Tascon Fernando, Asesor de Estados Nacional y Provinciales en Educación y Tecnología

Toledo Luis, Universidad Católica de Córdoba (UCC)

Uchitel Sebastian, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Umaran Martín, Globant

Wachenchauzer Rosa, Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica

Wainer Darío, Encuentro de Cooperación Diáspora Argentina (Ecodar)

Yankelevich Daniel, Pragma

... y más de 150 participantes del foro general...

# ÍNDICE

---

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 1. RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2. MÉTODO PROSPECTIVO</b> .....	<b>25</b>
2.1. Objetivos.....	28
2.1.1. Estructura del programa.....	28
<b>CAPÍTULO 3. TENDENCIAS GENERALES</b> .....	<b>33</b>
3.1. Introducción .....	33
3.2. Una Perspectiva de la Prospectiva .....	35
3.3. Hacia donde va el mundo .....	49
a) Un factor de éxito crucial: Fuerza de trabajo competente.....	51
b) Dominar el proceso de innovación.....	52
c) Desarrollar nuevos servicios y exportar.....	53
d) Aprender a aprehender y aplicar el conocimiento global.....	54
3.4. Hacia donde va Latinoamérica .....	55
3.4.1 TIC en el contexto productivo.....	56
3.4.2. Producción de TIC en Latinoamérica .....	58
3.4.3. Conclusiones sobre Latinoamérica.....	59
3.5. TIC en Argentina .....	60
3.5.1. El Sector SSI.....	62
3.5.2. Perspectivas en Argentina.....	65
3.5.3. Una Visión Panorámica de la tecnología hacia el futuro.....	66
<b>CAPÍTULO 4. ÁREAS DE APLICACIÓN</b> .....	<b>77</b>
4.1. TIC en la industria.....	77
4.1.1. Introducción .....	77
4.1.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo.....	80
a) Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI).....	80
b) Mecánica computacional .....	81
c) Robótica.....	83
d) Optoelectrónica .....	84
4.1.3. Mercado Global.....	85
a) El mercado global de los SEGOTI: La demanda actual y futura a nivel internacional ...	85

b) Mecánica computacional: agenda de investigación prospectiva y mercado global.....	87
c) Mercado Global de la robótica.....	89
d) El Mercado Mundial de la Industria Optoelectrónica.....	97
4.1.4. Prospectiva de TIC Industriales en Argentina:	
Focos Tecnológicos y Áreas de Aplicación .....	102
a) TIC Industriales (SEGOTI) en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	103
b) Situación de la Mecánica Computacional en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	111
c) Robótica en Argentina, capacidades locales, prospectiva y recomendaciones ....	113
d) La optoelectrónica en la Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	118
4.2. AgroTIC.....	121
4.2.1. Definición de AgroTIC.....	123
a) Sistemas Informáticos .....	124
b) Dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones .....	125
c) Combinaciones hard-soft de los elementos anteriores.....	125
4.2.2. Justificación de una política de promoción .....	128
4.2.3. Mercado local y externo .....	131
a) Mercado Local .....	131
b) Mercado Global .....	136
4.2.4. Mercado local y externo .....	137
4.2.5. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a corto y mediano plazo.....	141
4.2.6. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a largo plazo:.....	142
4.2.7. Capacidades locales actuales.....	143
4.2.8. Actores clave. Coordinación institucional .....	143
a) Paraguas Institucional (Nacional).....	143
b) Implementación .....	144
4.2.9. Socios internacionales .....	144
4.2.10. Objetivos de corto/mediano plazo .....	144
4.2.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos.....	145
4.2.12. Medidas concretas .....	146
4.3. Servicios IT .....	149
4.3.1. Sobre la industria del outsourcing offshore de servicios IT .....	149
4.3.2. Estructura de la Industria.....	151
4.3.3. Focos tecnológicos Mediano/Largo Plazo .....	152
4.3.4. Foco tecnológico largo plazo.....	153
4.3.5. Mercado local.....	153
4.3.6. Mercado Global .....	154
4.3.7. Capacidades locales actuales .....	154
4.3.8. Actores clave de referencia para el área.....	156

4.3.9. Objetivos en el corto mediano plazo .....	157
4.3.10. Factibilidad de alcanzar los objetivos de acuerdo a los tres escenarios .....	157
4.3.11. Oportunidades y amenazas .....	157
4.3.12. Medidas concretas 2008 a 2011 .....	158
4.4. Contenidos Digitales .....	159
4.4.1. Descripción del área .....	159
4.4.2. Sobre la industria de los contenidos digitales .....	159
4.4.3. Mercado Local: empresas orientadas a la exportación .....	160
a) Gestión de contenidos. El caso Novamens .....	161
b) E-learning: caso Tecnonexo .....	161
c) Redes sociales en Internet .....	163
4.4.4. Mercado global: tendencias .....	165
a) Multimedia .....	165
b) Tendencias globales de los contenidos digitales .....	166
4.4.5. Recomendaciones y lineamientos de políticas para el Estado .....	168
a) Educación .....	169
b) Infraestructura y acceso .....	169
c) Salud .....	169
d) Gestión pública .....	169
e) Sector productivo .....	170
4.5. Seguridad .....	170

## **CAPÍTULO 5. TECNOLOGÍAS ..... 181**

5.1. Ingeniería de Software .....	181
5.1.1. Prospectiva en Ingeniería de Software .....	181
5.1.2. Recomendaciones .....	185
5.1.3. Prospectiva I+D en Ingeniería de Software .....	188
5.2. Señales .....	198
5.2.1. Áreas tecnológicas de interés .....	198
5.2.2. Procesamiento de Señales para sistemas de comunicaciones futuros .	199
5.2.3. Beneficios de las comunicaciones móviles de banda ancha .....	202
5.2.4. Para el análisis FODA de Prospectiva .....	212
5.3. Tecnología de Imágenes .....	214
5.3.1. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años) .....	215
a) Imágenes médicas .....	215
b) Percepción y sentido remoto .....	216
a) c) Juegos, industria del entretenimiento .....	216
d) Visión Industrial .....	217
e) Visualización científica .....	217
f) Monitoreo y sistemas de seguridad .....	217

g) Procesamiento de imágenes y video digital .....	218
h) Sistemas de información geográfica.....	218
i) Monitoreo ambiental.....	219
j) Visión robótica .....	219
k) Modelado y simulación .....	220
5.3.2. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años).....	220
5.3.3. Mercado Local [tendencias de demanda en el mercado local].....	221
5.3.4. Mercado Global [tendencias de demanda en el mercado global].....	222
5.3.5. Capacidades locales actuales (científicas, técnicas, empresarias .....	222
a) Gubernamentales .....	222
b) Investigación .....	222
c) Docencia.....	223
d) Sector público.....	223
e) Sector Productivo .....	223
5.3.6. Actores clave .....	224
a) Sector Público .....	224
b) Sector Productivo .....	224
c) Sector Académico.....	224
d) Otros actores sociales.....	224
e) Socios locales e internacionales .....	224
5.3.7. Objetivos en el corto/mediano plazo .....	224
5.3.8. Acciones recomendadas .....	225
5.3.9. Plataformas tecnológicas de alto impacto productivo a promover en las ciencias y tecnologías de las imágenes .....	227
a) Descripción breve de las plataformas tecnológicas.....	227
b) Descripción de las áreas de aplicación.....	229
5.4. Software Embebido .....	232
5.4.1. El software y los sistemas embebidos (empotrados o insertados) .....	232
5.4.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo.....	235
5.4.3. Mercado global.....	236
5.4.4. El mercado local.....	237
5.4.5. Capacidades locales .....	239
5.4.6. Actores claves.....	240
5.4.7. Objetivos en el corto y mediano plazo .....	240
5.4.8. Factibilidad de alcanzar los objetivos .....	244
5.4.9. Medidas concretas.....	244
5.5. Micro y Nanoelectrónica .....	245
5.5.1. Breve descripción .....	245
5.5.2. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años).....	246
5.5.3. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años).....	246
5.5.4. Mercado Local.....	246

5.5.5. Mercado Global.....	247
5.5.6. Capacidades locales actuales.....	247
5.5.7. Actores clave .....	249
5.5.8. Socios locales e internacionales.....	249
5.5.9. Objetivos en el corto/mediano plazo .....	250
5.5.10. Objetivos en el largo plazo (desarrollo de líneas y equipos de I+D, desarrollo empresario y comercial, desarrollo de recursos humanos) ...	251
5.5.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos .....	252
5.5.12. ¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área?.....	253
5.5.13. Medidas concretas .....	253

## **CAPÍTULO 6. ÁREAS TRANSVERSALES.....255**

6.1. Educación y capital humano .....	255
6.1.1. Objetivos .....	256
a) Antecedentes .....	257
b) Guía de lectura .....	258
6.1.2. Mercado de trabajo y TIC.....	258
a) Demanda de capital humano: El sector TIC .....	259
b) Oferta de capital humano.....	271
c) Escenarios posibles.....	272
6.1.3. Formación del capital humano TIC .....	275
a) Capacidades de formación para el trabajo TIC.....	275
b) Las capacidades de formación básica TIC.....	282
c) Actores Clave.....	286
6.1.4. Capítulo 4. Acciones Propuestas .....	287
a) Integración de TIC en la Educación.....	287
b) Formación para el trabajo con TIC.....	287
c) Formación para el trabajo en TIC .....	288
6.1.5. Documentos Base y Bibliografía .....	289
6.1.6. Agradecimientos .....	292
6.1.7. Equipo de trabajo.....	292
6.2. Innovación .....	293
a) Breve descripción del grupo .....	293
b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años) .....	294
c) Mercado Local vs. Mercado global .....	295
d) Capacidades locales actuales .....	295
e) Actores clave .....	296
f) Socios locales e internacionales .....	296
g) Objetivos en el largo plazo .....	297
h) Factibilidad de alcanzar los objetivos .....	297
i) Ingeniería social .....	299

6.2.2. Estrategia Innovación: Value Shore – Value Soft .....	300
a) Estado de la Situación en General .....	300
b) Fortalezas y debilidades de la industria (y modelo) Argentino.....	302
c) Áreas estratégicas o prioritarias.....	303
d) Análisis de Argentina de cara a la competitividad mundial .....	304
e) consideraciones finales.....	309
6.3. Diáspora .....	311
a) Descripción del Grupo.....	311
b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años) .....	312
c) Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años) .....	312
d) Mercado local .....	312
e) Mercado global .....	312
f) Capacidades locales actuales .....	312
g) Actores clave .....	314
h) Socios locales e internacionales .....	314
i) Objetivos en el corto/mediano plazo .....	315
j) Objetivos en el largo plazo.....	315
k) Factibilidad de alcanzar los objetivos .....	316
l)¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área? .....	316
n) Ingeniería Social.....	318

## **CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES DE ACCIÓN..... 321**

7.1. TIC en la Industria.....	321
7.1.1. Areas críticas .....	321
7.1.2. Focos tecnológicos .....	322
7.2. AgroTIC .....	322
7.2.1. Áreas críticas .....	323
7.2.2. Focos tecnológicos .....	325
7.3. Servicios IT .....	326
7.3.1. Áreas críticas .....	326
7.3.3. Focos tecnológicos .....	326
7.4. Contenidos Digitales.....	327
7.4.1. Áreas críticas .....	327
7.4.2. Focos tecnológicos .....	328
7.5. Seguridad.....	328
7.5.1. Áreas críticas/Focos tecnológicos.....	328
7.6. Ingeniería de Software.....	329
7.6.1. Areas críticas .....	329
7.7. Señales.....	332
7.7.1. Áreas críticas .....	332
7.7.2. Focos tecnológicos .....	333

7.8. Imágenes.....	333
7.8.1. Áreas críticas .....	333
7.8.2. Focos tecnológicos .....	334
a) Descripción de las áreas de aplicación.....	336
7.9. Software Embebido .....	338
7.9.1. Áreas críticas .....	338
7.10. Micro y Nanoelectrónica .....	338
7.10.1. Áreas críticas.....	338
7.10.2. Focos tecnológicos.....	339
7.11. Educación y Capital Humano.....	339
7.11.1. Áreas críticas.....	339
a) Formación para el trabajo con TIC.....	340
b) Formación para el trabajo en TIC.....	340
7.12. Innovación .....	341
7.12.1. Áreas críticas.....	341
7.13. Diáspora .....	342
7.13.1. Áreas críticas.....	342
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>345</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>349</b>
A.1. eHealth: Un cambio de paradigma necesario.....	349
A.1.1. ¿Qué es e-Health?.....	349
A.1.2. La necesidad de cambiar el sistema de salud.....	350
A.1.3. Orientaciones generales de los servicios de eHealth .....	350
para el futuro .....	350
A.1.4. La Agenda de Investigación y Desarrollo en eHealth.....	351
A.1.5. Prevención y tratamiento de enfermedades.....	353
A.1.6. Control de Riesgos de Salud .....	354
A.1.7. Infraestructura para investigación biomédica .....	354
A.2. Educación y Aprendizaje: Aprender en la Sociedad .....	355
del Conocimiento .....	355
A.2.1. Los objetivos de aprender .....	355
A.2.2. Tendencias y desafíos para el aprendizaje en la sociedad .....	356
del conocimiento.....	356
A.2.3. Las TIC y el aprendizaje.....	358
A.2.4. La agenda de investigación y desarrollo.....	359
A.2.5. Cambio Social, Educación y TIC .....	360
A.2.6. Las TIC y la educación en Argentina .....	360
A.3. Gobierno Electrónico .....	362

A.3.1. Breve descripción del grupo .....	362
A.3.2. Elementos para un escenario futuro .....	364
A.3.3. Lineamientos estratégicos en Gobierno Electrónico .....	366
A.3.4. Focos tecnológicos de aplicación .....	367

# Prólogo

La innovación asociada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) no puede ser reducida a la esfera de lo económico, ya que tienen un carácter central no sólo en la mutación hacia una economía digital sino también gravitante en la construcción de lo que se ha dado en llamar la sociedad del conocimiento. Ciertamente la velocidad y el calado de los cambios de las TIC, y de aquellos inducidos en campos muy diversos, se dan a una velocidad tal que ha puesto en tensión a los mejores diseños de políticas.

Para poder paliar en buena parte estas dificultades, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, siguiendo el mandato recibido de la Sra. Presidenta Cristina Fernández, puso en marcha un proceso abierto y democrático de consulta a los diferentes actores del sector de forma tal de poder identificar escenarios posibles y deseables en el desarrollo de las TIC y de sus innovaciones concomitantes. Estos escenarios resultantes son nuestra base para el diseño y la generación de instrumentos y políticas conducentes a su concreción.

El Libro Blanco que aquí se presenta no es más que el fruto fecundo de las propuestas recogidas por medio de las propias TIC. También representa un modo propio y original de búsqueda de un modelo de desarrollo del sector, asociado a las contribuciones que la evolución de la ciencia y la tecnología pueden aportar. Es ya una plataforma fundamental para el diseño y la implementación de las nuevas herramientas de este Ministerio, como el Fondo Sectorial para el Desarrollo de las TIC. Sin un modelo propio, aunque abierto a lo universal, difícilmente podamos generar políticas e instrumentos que promuevan un uso original e innovador o generar productos diferenciados basados en estas tecnologías que consideramos esenciales para el crecimiento económico y social.

Para avanzar en esta dirección más integrada, y no quedarnos en la negación de nuestra realidad o en la mera crítica a la misma, Argentina tiene que resolver con fórmula propia algunos de sus desafíos específicos. Sin un desarrollo de las tecnologías de la información, no es posible hoy el sueño de una Argentina grande, inclusiva, con una cultura con una fuerte cosmovisión propia, con una identidad arraigada en nuestros valores fundantes, desde las cuales podamos construir y dar sustento a nuestro lugar en el mundo.

**Dr. Lino Barañao**  
Ministro de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva



# Introducción

El Libro Blanco de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es el resultado de un esfuerzo colectivo de la comunidad de tecnólogos, científicos y empresarios de Argentina en esta área estratégica para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, dirigido a definir el futuro de la misma y las oportunidades que presenta para el país. El trabajo, que se centra principalmente en el software y los servicios informáticos, fue realizado a través de un Foro Virtual organizado por el Ministerio desde su creación, a fines de 2007. En él han participado más de 200 personas, actores relevantes de la industria, el gobierno y la academia. A raíz de las primeras discusiones del Foro Virtual, durante 2008 se organizaron 19 grupos de trabajo para discutir los aspectos principales de la problemática de las TIC. En particular, se trató de identificar las tecnologías y las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en los próximos años. Cada uno de los grupos produjo un documento, que fue discutido por el resto de los participantes en el Foro. El libro que aquí se presenta es resultado de la integración de este esfuerzo.

En el Libro Blanco se analizan las perspectivas de desarrollo de estas tecnologías en una serie de áreas, divididas en tres niveles: las áreas tecnológicas o de tecnologías básicas, las áreas de aplicación principales y las que se denominan áreas transversales. Las áreas tecnológicas son: Ingeniería de Software, Señales, Tecnologías de las Imágenes, Software Embebido, Micro y Nanoelectrónica. Las áreas de aplicación relevadas son: Industria, Agro, Servicios, Contenidos y Seguridad. Finalmente las áreas transversales: Educación y Capital Humano, Innovación e I+D y Diáspora.

19

Después del Resumen Ejecutivo (cap. 1) y el capítulo metodológico sobre el enfoque prospectivo (cap. 2), se presenta en el capítulo 3 una visión de las tendencias generales en el desarrollo del futuro de las TIC en el mundo y en Argentina. Los tres siguientes capítulos están dedicados a las áreas de aplicación (cap. 4), las tecnológicas (cap. 5) y finalmente las transversales (cap. 6).

En las áreas de aplicación se pone énfasis en el análisis de los mercados y las tendencias tecnológicas a futuro (focos tecnológicos). En el caso de la industria, se analizan las tecnologías de gestión (SEGOTI), la mecánica computacional, la robótica y la optoelectrónica. En la aplicación al agro, las llamadas Agro-TIC, se analizan los sistemas informáticos, los dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones y las combinaciones hard-soft de los elementos anteriores. En el caso de Servicios de IT se presentan las tres variables que hacen atractiva a la Argentina como país destino de la creciente tendencia mundial enfocada hacia el “outsourcing-offshoring”; ellas son: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación. El dominio de la tecnología “open-source” o de software libre, se arguye que es también una fortaleza a explotar por el país.

En el caso de las áreas tecnológicas se presentó la situación de cada disciplina, los actores clave y las capacidades del país para su desarrollo. En la sección de la Ingeniería de Software, fundamental para el desarrollo de la industria del software y de las TIC en general, se analiza las áreas que se perfilan como oportunidades para la Investigación y Desarrollo. También se pone gran énfasis en las oportunidades que presentan la producción y exportación de contenidos digitales.

Por último, las áreas transversales fueron analizadas como proveedoras de soluciones para las aplicaciones y las tecnologías. En el caso de la Educación y los Recursos Humanos, se analiza la situación y tendencias del mercado de trabajo para las TIC, la formación de recursos humanos, en cuanto a la formación básica y media y la formación para el trabajo. En la sección de Innovación, se analizan los factores que pueden favorecer el incremento del valor agregado en la industria del software y servicios informáticos, y se trata de definir estrategias para el desempeño del país en su conjunto en este área. En la sección dedicada a la Diáspora, se analiza cómo un proceso de fuga de cerebros puede convertirse en una ganancia para el país, utilizando la capacidad de los expertos argentinos en el exterior para orientar la formación de los recursos humanos y para mejorar el perfil de especialización productiva del país.

20

El Libro Blanco concluye con un capítulo sobre Recomendaciones de Acción y otro de Conclusiones. En las Recomendaciones se pone el acento en las áreas críticas y los focos tecnológicos a priorizar, para cada una de las áreas estudiadas. En las conclusiones, se postula que el desafío principal para el futuro de las TIC y de la Sociedad del Conocimiento en Argentina es lograr cambiar el modelo de Investigación, Desarrollo e Innovación. Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal de investigación y desarrollo al no lineal de generación y puesta en valor del conocimiento y la I+D, mediante el fortalecimiento de la interacción entre los actores del Sistema Nacional de Innovación.

**Dra. Ruth Ladenheim**

Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia,  
Tecnología e Innovación Productiva

# Capítulo 1

---

## Resumen ejecutivo

El presente informe presenta el ejercicio de prospectiva sobre las TIC en Argentina del año 2008. Este trabajo es el resultado de la reunión de más de 150 personas/actores relevantes de la industria y la comunidad TIC que buscaron identificar las tecnologías, las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en el área de las TIC en los próximos años. Para ello se visualizaron las líneas de investigación que deberían generarse/fortalecerse, se describió la educación necesaria para el desarrollo de las TIC y se pensó cómo impulsar la interacción público-privada-académica.

El método que se siguió fue el estudio de las áreas de aplicación, las tecnológicas y las transversales. Las áreas de aplicación relevadas son: Industria, Agro, Gobierno, Servicios, Contenidos y Seguridad. Las áreas tecnológicas son: Ingeniería de Software, Señales, Tecnologías de las Imágenes, Software Embebido, Micro y Nanoelectrónica. Finalmente las transversales: Educación y Capital Humano, Innovación e I+D y Diáspora.

La integración de documentos por sectores mediante una matriz tridimensional que identifica áreas críticas y focos tecnológicos. En las áreas críticas encontramos el cruce de las áreas transversales con las de aplicación y tecnología (paredes del cubo) y en los focos tecnológicos (piso) el cruce de tecnologías y aplicaciones. Luego de revisar las tendencias generales, se presentan las áreas de aplicación, las tecnológicas y finalmente las transversales, para luego establecer las acciones propuestas dividiendo focos tecnológicos de áreas críticas.

En las áreas de aplicación se puso foco en el análisis de los mercados. Por ejemplo, en el caso de Servicios de IT se presentan las tres variables que hacen atractiva a la Argentina como país destino de la creciente tendencia mundial, que enfocada hacia el outsourcing-offshoring son: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación. Se argumenta que para no perder el tren de la oportunidad de esta tendencia, que ya es marcada en el principal proveedor y comprador de servicios IT del mundo, EEUU, las empresas argentinas del sector deben posicionarse en el lugar que están dejando las potencias "I" en tecnologías de la información: Irlanda, India e Israel. Estas ya están encontrando dificultades para satisfacer esta demanda, sobre todo porque carecen de capital humano, lo que abre el juego a nuevos actores. El dominio de la tecnología "open-source", que trascenderá cada vez más el dominio de Linux, así como los recursos humanos del país, son capacidades insustituibles en el mundo de los servicios IT y es una fortaleza a explotar por el país. Las mayores amenazas al desarrollo de este sector en Argentina provendrían de la escasez de recursos humanos formados en el área, (menos de 10.000 nuevos ingresos al mercado nacional por año) y de la coyuntura macroeconómica con el tipo de cambio.

En el caso de las áreas tecnológicas se presentó la situación de la disciplina. Así por ejemplo, se realizó un análisis prospectivo de la Ingeniería de Software como disciplina, intentando identificar aquellos aspectos que son relevantes para el desarrollo de una industria del software y de las TIC en Argentina. Luego de explicar porqué la Ingeniería de Software es fundamental para el desarrollo de la industria del software y de las TIC se evalúa un conjunto de propuestas y medidas y analiza las áreas de Ingeniería de Software que se perfilan como oportunidades para la Investigación y Desarrollo.

Por último, las áreas transversales fueron analizadas como proveedoras de soluciones para las aplicaciones y las tecnologías. En el caso de la Diáspora, se analizó cómo un proceso de fuga de cerebros puede servir para mejorar el perfil de especialización productiva del país. El "brain gain" consistiría en aprovechar recursos críticos, como son los profesionales argentinos en el exterior y sus redes, de manera de ir modificando el perfil de especialización del país. Si bien Argentina se compara positivamente con otros países latinoamericanos en términos del nivel educativo de sus recursos humanos, tiene una eficiencia mala en términos de la utilización de estos activos debido al predominio de un perfil de especialización no intensivo en conocimiento, a la falta de coordinación entre el sistema educativo y el productivo, a las dificultades para superar las limitaciones del modelo lineal de innovación, y poder vincular a ciencia, tecnología y desarrollo productivo y social.

22 En las conclusiones, se postula que el futuro de las TIC en 2020 se encuentra más ligado a necesidades, aprendizajes y restricciones en el desarrollo económico y social, que a desafíos científicos y tecnológicos; a la vez, las nuevas invenciones y resultados parecen incidir fuertemente y como nunca antes, en el modelado de esta novedosa sociedad, genéricamente llamada Sociedad del Conocimiento. Se plantea que el desafío principal para la Argentina, en términos de Ciencia y Tecnología, es lograr cambiar el modelo de I+D+i. Este cambio, una auténtica revolución cultural, es una precondition insoslayable para superar un retraso de 40 años en los próximos 20. Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal al no lineal de investigación y desarrollo. Para lograrlo es necesario:

1. Estimular principalmente la investigación en la "punta" de la ciencia y la tecnología, para alcanzar el mejor nivel mundial en especializaciones competitivas en áreas "clave". Es decir, poner foco.
2. Promover la formación de recursos humanos capaces de llevar adelante las líneas de investigación y desarrollo fundamentales, relacionadas con las especializaciones, pero también para la producción y comercialización de sus resultados.
3. El Estado, en todos sus niveles, debe intervenir explícitamente no solo en su rol de proveedor de educación y financista de ciencia y tecnología, sino también resulta imprescindible que utilice su enorme poder de demanda para orientar y financiar proyectos estratégicos y complejos en áreas claves que generen desafíos mayores para el sector científico y las empresas de tecnología.

4. Internacionalizar empresas y centros de I+D.
5. Fomentar la creación de nuevas empresas y clusters tecnológicos así como potenciar los existentes.
6. Cambiar la cultura de la evaluación científica y tecnológica, consistentemente con la búsqueda del cambio de paradigma.
7. Invertir los recursos necesarios para el análisis, planificación, promoción y prospección en ciencia y tecnología, y sostener los planes y equipos en el tiempo.
8. Establecer, privilegiar y sostener programas de I+D multidisciplinares orientados a las especializaciones seleccionadas. No partir de la “oferta científica” sino principalmente de la demanda de conocimientos y soluciones requeridas por las especializaciones.
9. Generar los mecanismos efectivos y eficientes para *buscar, encontrar y apoyar* proyectos, empresas, equipos, personas y regiones innovadoras. No es razonable apostar todos los recursos a “concursos abiertos y transparentes”, ni a convocatorias sobre temas generales.
10. Generar las condiciones, e intervenir fuertemente desde el Estado, para la creación y sostenimiento de un mercado de capital de riesgo orientado a la tecnología.
11. Adoptar políticas activas en cuanto a los derechos de propiedad intelectual, tanto en el orden local como en los ámbitos regionales e internacionales.
12. Desarrollar acciones efectivas y eficientes de divulgación, promoción e inserción de la tecnología en la sociedad. Favorecer la utilización productiva y estimular la demanda de tecnología.



## Capítulo 2

---

# Método prospectivo

¿Por qué esta prospectiva? Los Estados que formulan políticas de promoción de la Ciencia y la Tecnología en la era moderna han utilizado este método como insumo esencial para fijar metas y objetivos. Las tecnologías desarrolladas durante la segunda guerra, tales como el radar, la criptografía, el avión jet, el cohete, la computadora digital, la bomba atómica dieron la pauta de la necesidad de anticipar o preparar a los Sistemas Nacionales de Innovación ante la emergencia de estas tecnologías.

Existe una larga lista de pésimos pronósticos que se realizaron solo bajo el influjo del sentido común.

*I think there is a world market for maybe five computers.*

-IBM Chairman Thomas Watson, 1943

*Computers in the future may have only 1,000 vacuum tubes and perhaps only weigh 1 1/2 tons.*

-Popular Mechanics, 1949

*640K ought to be enough for anybody.*

-Microsoft Chairman Bill Gates, 1981

*Everything that can be invented has been invented.*

-Charles H. Duell, Commissioner, U.S. Office of Patents, 1899

La historia marca que los métodos de la prospectiva tecnológica fueron evolucionando desde las labores pioneras de la RAND Foundation después de 1950. Algunos resultados fueron asombrosos como cuando en 1954 la US NRC Strauss predijo "... that industry would have electrical power from atomic furnaces in five to fifteen years". En 1972 el Senado de los EEUU crea la OTA Office of Technology Assesment.<sup>1</sup>

Así lo hicieron también los gobiernos de UK, Alemania y Francia. Los Estudios que realizaban estas oficinas incluían los pronósticos, las evaluaciones de Impacto y los análisis de escenarios. En particular en este último caso la metodología de escenarios se hizo popular en el mundo de los negocios luego de que Shell se anticipara a la crisis del petróleo de 1973 y sacara un buen provecho de ello.

Los propósitos de la prospectiva, no son futurología ni adivinanza. Teniendo en cuenta que no puede anticipar si analiza todas las posibilidades y genera con-

---

1 [http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota\\_5/DATA/1981/8109.PDF](http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_5/DATA/1981/8109.PDF)

senso en torno de los escenarios más probables. Por lo tanto tiene funciones que van desde lo más general a lo muy concreto de:

- Concientizar
- Informar
- Crear consensos
- Armar planes estratégicos para los actores sociales relevantes
- Avisar a tiempo
- Poner “luz amarilla o roja”
- Fijar metas
- Recrear caminos a seguir
- Operacionalizar tareas

La prospectiva por escenarios reconoce que “la única estabilidad está en aceptar la incertidumbre”, por lo tanto no es posible pronosticar haciendo simples extrapolaciones lineales del presente al futuro. “Las Organizaciones deben estar sistemáticamente abiertas a las herejías.” Pierre A. Wack. (Wired 2.11. P.38). Es decir, ser capaces de pensar que también lo imposible es una posibilidad.

26

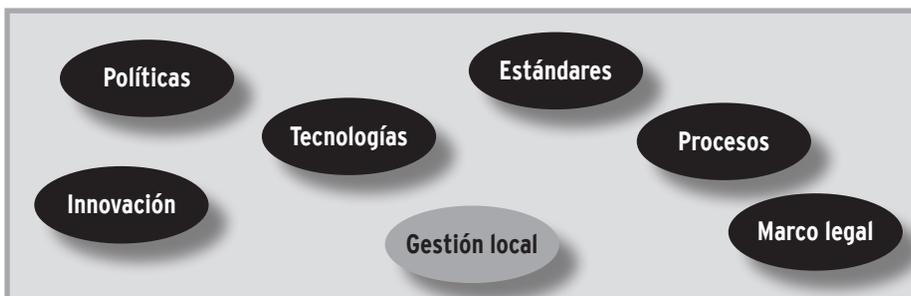
La metodología en este caso es construir múltiples historias, denominadas escenarios, que describen distintos modelos verosímiles sobre el futuro. “Imágenes” del futuro, no se conciben extrapolando datos del pasado, sino mediante un proceso interactivo que combina análisis con intuición. Los escenarios se fundamentan en la idea de que, dada la imposibilidad de realizar pronósticos confiables, las organizaciones deben adoptar estrategias “robustas”, que le permitan enfrentar con éxito una serie de posibles futuros (y no únicamente el más probable).

No se trata de pronosticar eventos futuros sino mejorar la capacidad de percibir/visualizar las fuerzas conductoras que moldean los distintos futuros posibles y preparar a la organización para enfrentarlos.

Pocos son los ejercicios de prospectiva tecnológica que se han hecho en la Argentina. Los pocos que se han hecho estuvieron diseñados como meros informes de expertos que resumen en trabajos monográficos el conocimiento que tienen de un campo. En algunos casos la sumatoria de estos informes dio origen a una compilación con la intención de dar una visión panorámica del escenario planteado en un campo tecnológico.

En este caso creemos que la fragua de políticas públicas en tecnología tiene en su raíz una tensión entre planificación vs. emergencia en un contexto de gobierno en red. Esta prospectiva por lo tanto no debería ser fruto sólo de un gobierno centralizado que consulta expertos y considera al conocimiento como un input externo. Sino producto de autorganizaciones flexibles basadas en individuos, asociaciones de la sociedad civil, proyectos y unidades operativas que respondan al principio de Gobernancia. Esto quiere decir que el gobierno se ejerce para conducir hacia la resolución de problemas colectivos.

Se trata de considerar al conocimiento de esta prospectiva como un output de un conjunto de actores sociales que se combinan en un ecosistema del sistema de innovación de TIC para definir políticas, tecnologías, estándares, estrategias de innovación, procesos, marco legal y gestión local, entre otros.



De la combinación de la planificación con la emergencia de procesos socioeconómicos se puede formular una estrategia de innovación en TIC general que se vaya explicitando a medida que madure con el tiempo. Será el resultado de un conjunto de acciones de actores diversos, públicos y privados.

Se deben integrar todos los actores involucrados en la resolución de los problemas planteados, anticiparlos y apoyar al bienestar común. Mediante la incorporación de todos los actores relevantes de la estructura política se garantiza que el paquete de medidas se incorpore a las agendas políticas que vaya más allá de los eventuales gobernantes.

Este ejercicio de prospectiva intenta prefigurar el futuro de las TIC en Argentina mediante la participación de los actores sociales relevantes:

- Organizaciones de interés (Cámaras, Asociaciones Profesionales, Sindicatos, ONGs).
- Personal gerencial o técnico de grandes y medianas empresas del sector.
- Dirección de empresas nacionales y multinacionales.
- Cuadros técnicos del sector público y asesores de partidos (líneas medias) y policy-makers.
- Funcionarios de los ejecutivos nacionales de las funciones relevantes: además de CyT, Trabajo, Economía, Educación, Cancillería, etc.
- Funcionarios de los ejecutivos provinciales de educación y ciencia y tecnología.
- Funcionarios de las municipalidades.

Por lo tanto los resultados de la prospectiva deberían ser más que un mero ejercicio intelectual. Pondría en las manos de los formadores de política la capacidad de implementar medidas de corto y largo plazo de la prospectiva. Para lo cual este ejercicio intenta plantear una "ingeniería social" al servicio de la resolución de problemas prácticos. La implementación de cada medida requiere de un es-

fuerzo puntual de implementación a nivel local. Se debe avanzar en la capilaridad de las redes de gobernanza (Estado+privados).

## 2.1. Objetivos

El ejercicio que aquí se presenta consistió en la reunión de más de 150 personas, que como dijimos son actores relevantes para:

- Identificar las tecnologías, las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en el área de las TIC en los próximos años

Esta tarea se realizó con los objetivos de:

- Visualizar las líneas de investigación que deberían generarse/fortalecerse
- Describir la educación necesaria para el desarrollo de las TIC
- Impulsar la interacción público-privada-académica

### 28 2.1.1. Estructura del programa

El programa de trabajo se organizó en tres fases. 1) el trabajo del foro de prospectiva en plenario, 2) el trabajo en grupos y 3) la integración de los documentos.

La fase 1 consistió en el desarrollo de escenarios de largo aliento del sector TIC. El foro de la prospectiva, de más de 150 personas representantes de diferentes actores de la comunidad TIC, analizó tendencias de mercados tanto internos como externos, y tendencias de la industria tanto en cuanto a RRHH, I+D y tecnologías.

La fase 1, se desarrolló de octubre a diciembre de 2007 e inició el debate con tres preguntas:

*“Argentina, 2020: El Plan Estratégico 2004-2014 del sector SSI ha sido un gran éxito. Tal como es conocido, la Argentina es un actor relevante entre los países no centrales en el mercado mundial de SSI” y ordenar las opiniones mediante tres preguntas para contestar:*

*¿Qué significa esa afirmación?*

*¿Cuál era la situación en 2014?*

*¿Qué se hizo a partir de 2007 para que ocurra?*

El objetivo final de este ejercicio fue el desarrollo de tres escenarios generales, uno optimista, otro pesimista y uno o dos intermedios, que sirvieron de base para el trabajo en grupos.

La fase 2 consistió en evaluar las implicaciones profundas en grupos de trabajo por áreas de aplicación, por tecnologías y por sectores transversales. Ellos también analizaron tendencias de mercados, tanto internos como externos y tendencias de la industria tanto en cuanto a los RRHH, I+D y tecnologías. Finalmente realizaron recomendaciones de acción y un plan de acción inmediato.

**FIGURA. MATRIZ DE TENDENCIAS**

		Tendencias de la demanda	
		Interna	Externa
Tendencias de la industria	Estructura y RRHH	Ej. más PhDs	Ej. más RRHH en gral.
	Tecnologías	Ej. Agrotics	Ej. Value Shore

En la matriz de dos dimensiones se identifican áreas de tendencia.  
Fuente: Elaboración propia

Además del foro virtual se realizó una reunión presencial en donde se presentaron las conclusiones parciales del Foro, a partir de los documentos de base y las contribuciones recibidas, y se plantearon las actividades para 2008 relacionadas con la segunda fase. La fase 2 se inició en marzo de 2008 y se extendió hasta junio del mismo año. Las áreas de trabajo iniciales fueron:

29

1. Ingeniería de Software
2. AgroTIC
3. Tecnología para Gobierno (e-gov)
4. Educación y Capacitación
5. Innovación
6. Tecnología de las imágenes
7. Investigación Básica y formación de doctores
8. Servicios de IT
9. Seguridad
10. Tecnología para salud (e-health) y bioinformática
11. Software embebido
12. Contenidos digitales y social-networking
13. Telefonía y acceso
14. Micro y nanoelectrónica
15. TIC para clusters industriales
16. Diáspora
17. Polos y parques tecnológicos
18. Señales
19. Value Shore

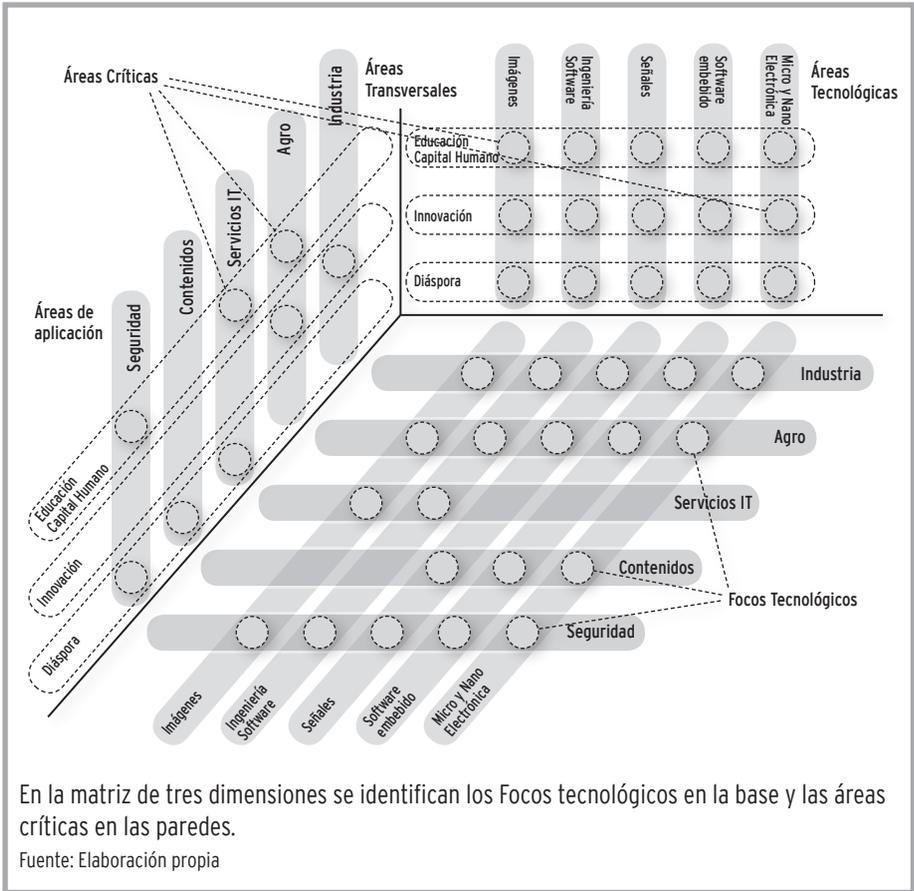
Para el trabajo por áreas temáticas se tomaron como antecedentes el Libro Azul y Blanco del Foro de Competitividad de SSI, y el Plan 2008-2011 propuesto por CESSI. El esquema de análisis para cada área de aplicación y de tecnología consistió en relevar el mercado interno, tanto en cuanto al uso y difusión de las TIC en todas las áreas de la actividad productiva y social, como en cuanto al rol del Estado; el mercado externo, tanto en cuanto al posicionamiento regional o mundial, como en el portfolio de productos; los RRHH e I+D, en particular el crecimiento sostenido de la oferta de graduados y orientación a la innovación; y las tecnologías relevantes, por ej.: AgroTIC, tratamiento de imágenes, ingeniería de software.

Sobre la evaluación de las implicaciones profundas se puso foco en cuatro desafíos:

- El desafío de la formación de RRHH  
Si bien se ha avanzado con iniciativas como el FOMENI (ejemplo de alianza público-privada para la formación de RRHH) se requiere dinamizar el Sistema Educativo con el fin de multiplicar los esfuerzos en áreas de cambios curriculares. Por ej.: Programas de Educación Tecnológica Avanzada.
- El desafío del acceso  
Cerrar la brecha digital es el prerequisite para la formación de RRHH y para la mejora de la calidad de vida de la población.
- El desafío de la innovación  
Recrear un Sistema Nacional de Innovación (SNI) para las TIC: Necesidad de la Fundación Sadosky y otras iniciativas similares que cierren la distancia entre la academia y el mundo de los negocios.
- El desafío de la internacionalización  
De la promoción a las políticas activas: la promoción de las exportaciones además de iniciativas de base como la Fundación Exportar, se requiere de programas sectoriales focalizados que le permitan a empresas que ya exportan alcanzar la próxima meta de crecimiento en los mercados externos.

Entre junio y agosto, en la fase 3, se integraron los documentos por áreas para elaborar el borrador del Libro Blanco de Prospectiva TIC, en base a la edición y revisión de los documentos por áreas. A continuación se detalla la matriz que sirve de organizador de los contenidos del presente informe. En esta matriz se identifican áreas críticas y focos tecnológicos. En las áreas críticas encontramos el cruce de las áreas transversales con las de aplicación y tecnología (paredes del cubo) y en los focos tecnológicos (piso) el cruce de tecnologías y aplicaciones.

**FIGURA. FOCOS TECNOLÓGICOS Y ÁREAS CRÍTICAS**



A continuación luego del capítulo 3 sobre Tendencias generales, se presentarán las áreas de aplicación, las tecnológicas y finalmente las transversales, para luego establecer las acciones propuestas dividiendo focos tecnológicos de áreas críticas.



# Capítulo 3

---

## Tendencias generales

### 3.1. Introducción

Argentina es un país dependiente con una estructura económica y social sumamente injusta. Esta situación constituye una traba objetiva para el desarrollo de una economía avanzada con equidad social, más aún para construir una “sociedad basada en el conocimiento”. Esta es la principal razón para privilegiar el crecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación, no hacerlo conducirá a la profundización del atraso y la dependencia.

El desarrollo y potenciación de las ciencias y la innovación son claves del éxito para que la Argentina pueda superar sus actuales circunstancias y construir una sociedad que pueda asegurar bienestar para todos sus integrantes. Investigación básica y aplicada en la frontera del conocimiento, junto con un amplio rango de experiencias y competencias son el camino para lograr la excelencia internacional.

Argentina necesita una estrategia de desarrollo nacional, una visión y compromiso para establecer esas políticas, así como una comprensión profunda de los desafíos que se avizoran para los negocios, industria y sociedad como un todo, y de los medios para alcanzar el bienestar.

El desafío para el futuro es desarrollar políticas independientes y nuevas soluciones en ciencia, tecnología e innovación. Es necesario realizar con urgencia una evaluación estructural completa de nuestros sistemas de investigación e innovación, la velocidad del cambio global no admite demoras. Y es imprescindible proceder rápidamente a realizar los cambios profundos que sean necesarios. Por cierto, los sistemas de investigación e innovación argentinos son una muestra inequívoca –muchas veces patética– del carácter dependiente de nuestro país. Los cambios necesarios sin duda incluyen la construcción de redes, nuevas relaciones de cooperación, multi e interdisciplinariedad, como factores de éxito cada vez más importantes. Los impactos y efectividad de los sistemas de investigación e innovación en la industria, los negocios y la sociedad también asumen creciente relevancia.

La prospección es la respuesta de política científica y tecnológica que los países avanzados han encontrado, como primer paso, para poder enfrentar efectivamente los nuevos desafíos. El objetivo de la prospección es identificar cambios y desafíos en el contexto de la investigación e innovación y evaluar cómo dar respuestas convenientes a estos cambios.

Los resultados de las prospecciones internacionales tienen una aplicación limitada en las soluciones nacionales que deben adoptarse en Argentina, pero es mucho lo que puede aprenderse de los métodos utilizados para hacerla. Entre los

países que han llevado adelante proyectos de prospectiva se deben desatacar: Japón, Reino Unido, Alemania, Francia, Suecia y Finlandia; numerosas instituciones científicas de USA producen gran cantidad de análisis acerca del futuro en diferentes disciplinas y tecnologías.

Desarrollar un ejercicio de prospección en Argentina es a la vez necesario y riesgoso. La Argentina no ha trabajado de manera consistente a lo largo del tiempo en la construcción de un sistema de investigación e innovación acorde con las necesidades nacionales. En un sentido estricto, la Argentina carece de un sistema nacional de innovación y su sistema de investigación, como ya se dijo, es atrasado y requiere de cambios estructurales profundos.

34 Esta situación es particularmente aguda en el área de las TIC, donde los esfuerzos fueron sumamente discontinuos y espasmódicos, y los pequeños avances conseguidos en algunas oportunidades fueron sistemáticamente destruidos. Periódicamente, las disciplinas asociadas a las TIC han debido re-fundarse casi desde cero; más allá del prestigio de algunos compatriotas –en su mayoría exiliados o emigrados– la Argentina virtualmente no existe en el mapa de la investigación y la innovación en esta área. Solamente en los últimos 3 o 4 años, al compás de un crecimiento relativamente importante en el sector de software, nuestro país ha comenzado a ser considerado como una alternativa para contratar servicios o instalar centros de desarrollo por inversores o empresas internacionales. En estas condiciones, pensar el largo plazo de las TIC en Argentina obliga a una inferencia sobre las potencialidades en su mayoría ocultas, en lugar de una proyección de crecimiento sobre bases bien establecidas. Vale decir, el ejercicio de prospección que contiene este informe es casi un ejercicio de imaginación, o en el mejor de los casos una especulación basada en hipótesis sumamente débiles y cuestionables.

De todas maneras, el escenario internacional combinado con algunas políticas públicas e iniciativas privadas permite abrigar la esperanza de un crecimiento sostenido de la Argentina en el campo de las TIC. Ciertamente existe una oportunidad para algunos segmentos de estas tecnologías –entre ellos, el ya mencionado sector de software, los servicios IT, desarrollo de contenidos, y aplicaciones de micro y nanoelectrónica– que puede ser aprovechada, siempre y cuando se sostengan perseverantemente y se profundicen las políticas públicas y privadas actualmente vigentes.

El ejercicio de prospectiva contenido en este informe tiene los siguientes objetivos principales: a) Identificar y explorar los “drivers”, cuyo impacto es o será importante para los negocios, la industria y la sociedad en Argentina; b) Identificar los nuevos desafíos que deberán encararse en los campos y actividades de investigación e innovación en el área de las TIC; c) Identificar las áreas de investigación e innovación que ayudarán a promover la competitividad en la industria y los negocios así como el bienestar en la sociedad.

Para alcanzar los objetivos mencionados se ha estructurado el estudio a lo largo de dos ejes: por un parte, en las primeras secciones se pasa revista a los “dri-

vers” fundamentales que conducen el desarrollo de las disciplinas que componen las TIC y se identifican los focos tecnológicos de fundamento que deben ser atendidos por la investigación científica y tecnológica. Estos “drivers” tienen que ver primariamente con el desarrollo de la “sociedad basada en el conocimiento” a escala global y con su sustrato material –el conjunto de fenómenos económicos, políticos, culturales, conocido como “globalización”–. En efecto, la “punta” de la ciencia y la tecnología estará previsiblemente orientada a dar respuestas efectivas y eficientes a los requerimientos de la globalización. En este sentido, se han identificado siete focos tecnológicos principales y se proponen los temas y logros previsibles en el corto/mediano plazo (menos de 10 años) y en el largo plazo (mayor a 10 años).

Por otra parte, se han seleccionado cuatro áreas de aplicación cuyo desarrollo será importante a escala global y en las que la Argentina posee potencialidades, conocimientos y experiencia para convertirse en un actor importante, como país periférico, en el mediano/largo plazo. Estas áreas consisten en las aplicaciones de las TIC a la salud, educación, seguridad y confiabilidad y a la cadena de valor agro-alimenticia. Claramente, el análisis es incompleto y el criterio para seleccionar las áreas de aplicación puede ser discutible; no se han considerado otras áreas como gobierno (electrónico), entretenimientos, defensa y otras, que son sin dudas importantes y podrían producir resultados relevantes. De todos modos, es claro que se trata de un ejercicio que no tiene pretensión alguna de abarcar todo el espectro de las tecnologías y aplicaciones de las TIC, sino simplemente aportar una cantidad razonable de elementos para la planificación y el análisis de las políticas de ciencia y tecnología en esta área.

35

### **3.2. Una Perspectiva de la Prospectiva**

Sintetizar la enorme cantidad y la calidad de material generado por los grupos de trabajo del Foro de Prospectiva TIC constituye un desafío que excede por lejos la capacidad de los editores del presente libro. Más aún, condensar y plasmar en un documento la riqueza de los debates suscitados a lo largo de más de un año de actividad.

De todos modos, en esta breve sección se presenta un intento por dar una respuesta, obviamente provisoria e incompleta, a algunos interrogantes centrales que subyacen a todo trabajo prospectivo como el que ha dado lugar al Foro y a esta publicación: ¿Cuáles son las tecnologías claves? ¿Cuáles son las áreas tecnológicas y de negocios de oportunidad? ¿Qué líneas de investigación deberían priorizarse?

La metodología utilizada para intentar la respuesta es sencilla: en primer lugar, una mirada de carácter general las tendencias mundiales de las TIC con el fin de dar un marco global al problema; en segundo lugar, se han identificado los temas y áreas de aplicación más promisorias de acuerdo a los debates y docu-

mentos elaborados en el Foro de Prospectiva en TIC; luego, se consideraron las aplicaciones emergentes más relevantes de las TIC en la economía de producción y en la llamada “nueva economía” (o más precisamente *experience economy*). A partir de esta información, se consideran los focos tecnológicos de cada una de ellas y se extraen las tecnologías genéricas que están en la base de todas estas áreas.

La hipótesis, discutible por cierto, es que existirían en el futuro un conjunto de tecnologías que constituirían un núcleo (*technological core*) de las TIC. Estas tecnologías se denominarán tecnologías genéricas. El fundamento de esta hipótesis es que, en una mirada prospectiva, las TIC evolucionarán desde una situación general caracterizada como un conjunto de tecnologías y productos aislados (situación de fines de los 90), pasando por un estado que podría llamarse de tecnologías modulares (hacia el 2010) en el cual algunas de ellas se conectan fuertemente y permiten la interacción de otras, hasta una situación (hacia el 2020) caracterizada por la convergencia, sobre la base de la evolución de los módulos hacia las mencionadas tecnologías genéricas.

Avanzar hacia la determinación de estas *core technologies* es una de las claves para alcanzar el éxito; se trata de una tarea que requiere y requerirá una vigilancia tecnológica permanente que posibilite comprender la evolución, anticipar las disrupciones e innovaciones y guiar los focos de investigación científica y tecnológica.

## Las TIC y la “Nueva Economía”

Las TIC pueden –o deben– pensarse como una amplia infraestructura para la sociedad futura, pero también como un ariete que penetrará casi todos los ámbitos sociales.

Las TIC pueden verse simultáneamente como tecnologías evolutivas y como señales tecnológicas débiles. El concepto de tecnologías evolutivas se refiere a polinización cruzada y convergencia de trayectorias tecnológicas diferentes así como a evolución en cada campo tecnológico independiente. En la evolución de las TIC, muchas trayectorias tecnológicas desarrolladas por separado (por ejemplo, tecnologías de redes, software para computadoras, software para telefonía, packaging, identificación) podrían conectarse en nuevas e innovadoras formas; por ejemplo, las nuevas y emergentes aplicaciones basadas en el Protocolo de Internet (IP) conectan tecnologías anteriormente incompatibles a través de la plataforma común IP. Así, diferentes tecnologías forman una malla cada vez más densa (“la web que soporta a la web”) de interrelaciones que están constantemente alternándose y transformándose.

Sin embargo, es importante reconocer que, permanentemente, emergen nuevas posibilidades tecnológicas y aplicaciones muchas veces impensadas. Estas nuevas aplicaciones pueden ser las oportunidades de negocios y los drivers económicos del futuro; estas nuevas posibilidades pueden llamarse señales tecnológicas débiles, y resultan ser la base de innovaciones radicales y disrupciones tecnológicas. Monitorear estas señales es una tarea complicada pues requiere aprobación social por fuera de los marcos tecnológicos habituales, y capacidad para individualizar y valorar los temas emergentes. Es necesario apelar a la creatividad y tener habilidad para sintetizar información en el sentido más amplio posible.

37

Finalmente, es necesario resaltar la emergencia de redes heterogéneas ad hoc, cuyo desarrollo está en la base de diferentes soluciones ubicuas. En el comienzo del siglo XXI las TIC pueden considerarse como un grupo muy disperso de tecnologías, donde los de productos aislados resultan fácilmente identificables; estos grupos de productos separados son aplicados a diferentes plataformas tecnológicas (por ejemplo, móvil, no móvil, entretenimiento, trabajo, hogar). Hasta el día de hoy, la lógica del desarrollo tecnológico ha sido muy fragmentaria, los grupos de productos están compuestos por soluciones que, en general, no tienen un concepto o marco sólido en común. Sin embargo, en el futuro, y ya visible en el horizonte, las TIC están avanzando hacia una intensificación e incremento en sus interrelaciones. En este momento, están en construcción nuevos tipos de plataformas centrales que forman los núcleos de tecnologías modulares convergentes. Por ejemplo, IP puede ser una de estas tecnologías centrales o núcleos. Alrededor de estos núcleos están comenzando a tomar forma aplicaciones modulares. Las bases para las redes ad hoc heterogéneas están actualmente en construcción, diferentes plataformas están siendo combinadas y comunicadas; la vida diaria comienza a verse inmersa en tecnologías que muy fluidamente ingresan en el funcionamiento cotidiano de la sociedad.

Existe una percepción generalizada acerca de que las “nuevas industrias” y nuevos servicios basados en la creatividad y la innovación constante son cada vez más importantes. Esto ocurre en todo el mundo y en la Argentina en particular; la idea descrita en la Sección 6.2.2 – “ValueSoft-ValueShore”, debida a Carlos Pallotti–, se apoya fuertemente en estos conceptos como “brazo de palanca” de una industria SSI competitiva y productiva.

Claramente, sería muy importante un posicionamiento de la Argentina en segmentos de este amplio campo pues estas industrias proveen mucho valor –económica y culturalmente– para la sociedad, dan lugar a desarrollos originales, relativamente difíciles de copiar y posibilitan bastante directamente el desarrollo de una marca país. Por otra parte, en nuestro país hay buenas experiencias en varios segmentos de este tipo de industrias y servicios, por ejemplo, Marketing, Entretenimiento, Educación, Diseño, TV, Producción Cinematográfica, etc.; en todos ellos hay interacción con empresas o equipos de I+D en TIC, aunque es necesario potenciar las relaciones y las sinergias bastante más allá de lo existente. A lo largo de los siguientes capítulos aparecen estos temas reiteradamente y en varios casos con un buen grado de análisis (ver por ejemplo las secciones dedicadas a Tecnología de Imágenes, Servicios TI, Contenidos Digitales). En este sentido, los párrafos que siguen resultan de una condensación entre una mirada general a las aplicaciones emergentes de las TIC y los contenidos de buena parte de las secciones mencionadas.

38 Las aplicaciones más importantes de las TIC en relación con la “nueva economía” pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Servicios “a medida”
- Tecnologías de Redes
- Voz y lenguaje
- Tecnologías Ubicuas
- Medios Híbridos
- Servicios de Comunicaciones
- Ambientes Virtuales
- Entretenimiento

En relación con los **Servicios “a medida”** o personalizados aparecen inmediatamente los tópicos de control de *información personalizada e identidad digital*, que merecen intensos debates en conferencias y foros a lo largo del mundo. Estos temas y las diversas soluciones propuestas están relacionados con la posibilidad de utilizar recursos de información con independencia de los dispositivos y lleva directamente a la construcción de personalidades virtuales (avatars) y a diversas formas de implementación, como las tecnologías de agentes, que podrían permitir la movilidad y el moldeo de personalidades virtuales.

Si bien es claro que la personalización es uno de los grandes temas del futuro, es difícil predecir el camino que seguirá en su desarrollo. En un sentido, la cuestión clave es que diversos dispositivos se intercomunique automáticamente e inteligentemente (por ejemplo, utilizando agentes inteligentes), sin embargo, los desafíos aparecen por el lado de la variedad de problemas y aplicaciones

que puedan imaginarse. Por ejemplo, una persona puede diseñar sus propias cadenas de valor (“comprar un servicio aquí y otro allá”) y de ese modo ajustar el contenido y precio de acuerdo a sus propias necesidades y deseos; estos servicios también pueden utilizarse a nivel comunitario, es decir, un cierto grupo de usuarios pueden diseñar su propias cadenas de valor. Más genéricamente, se trata de un *proceso de innovación centrado en el usuario, donde los mismos actúan como directores*. Más aún, la personalización puede también hacerse automáticamente, es decir, una aplicación que ajusta los servicios de acuerdo a ciertas características comunes de un grupo de usuarios.

Las **Tecnologías de Redes** aparecen en este campo fundamentalmente vinculadas con la concepción y el diseño de *redes ad hoc y heterogéneas*. El foco principal es la distribución de contenidos a través de redes abiertas y la construcción de soluciones que permitan la más amplia gama de servicios de contenidos sobre las mismas. Algunas cuestiones tecnológicas importantes en las redes abiertas podrían estar vinculadas a temas como redes neurales y a la web semántica.

Las aplicaciones orientadas al **Tratamiento de la Voz y el Lenguaje** parecen tener dos grandes focos: traducción simultánea entre varios lenguajes y sistemas controlados de reconocimiento y producción de voz que podrían ser utilizados, entre otras aplicaciones, para servicios de viajes y de información en general.

En el campo de las **Tecnologías Ubicuas** las nociones de *presencia virtual y diseño de ambientes* aparecen como potenciales fuentes de aplicaciones en el futuro. La innovación clave resultaría ser la utilización de varios sentidos a la vez; por ejemplo, el diseño de ambientes podría utilizarse en marketing multi-sensorial, usando más sentidos que la tradicional sensación visual.

La primera y más desafiante cuestión en relación con los **Medios Híbridos** es la creación y el desarrollo de nuevas clases de combinaciones intermediales. La combinación entre medios impresos y electrónicos es crucial y aparece como la más promisoría y cercana, un ejemplo es el código 2D que resulta legible a través de un teléfono móvil provisto de cámara (cameraphone), que conecta el teléfono móvil con una base de datos. Otros ejemplos son el papel inteligente y el embalaje inteligente (intelligent packaging), también podría ser exitosa una aplicación que produzca “papel parlante” (talking paper) que combine sonidos con imágenes. En el campo de la información aparecen en el horizonte las “noticias a medida”, es decir, noticias ajustadas a necesidades y/o deseos personales o comunitarios, estas noticias podrían ser enviadas a un dispositivo de comunicación o impresas por un servicio local de impresión (communal printing).

Estrechamente vinculadas con la información personalizada aparecen los **Servicios de Comunicaciones**. En esta área el desarrollo va orientado hacia un red global de medios, y naturalmente aparece la cuestión del “yo digital” (digital me, es decir, avatar personal en una red), fundamental para los servicios de comunicación en una red. Una solución ya en desarrollo podría ser Mobile ID-TV, Corea y Japón ya están haciendo benchmarks en este campo. Entre otros temas que necesitan un abordaje hacia el futuro aparecen los servicios gratuitos con diferentes dispositivos, y la expresión y efectivización de los derechos civiles a través de redes heterogéneas (voto, consultas, marketing, impuestos, etc.).

Un área relacionada con los ya discutidos medios híbridos y las tecnologías ubicuas, pero que debe distinguirse por derecho propio, es la de los **Ambien-**

**tes Virtuales.** En esta categoría algunas de las aplicaciones más importantes aparecen en los ambientes virtuales para el hogar (home virtual environments), ambientes multisensoriales y plataformas virtuales para aprendizaje. Una aplicación clave es la llamada realidad aumentada (enhanced reality), la cual se refiere a las combinaciones de objetos virtuales y ambientes reales; por ejemplo, una persona podría visitar antiguas ruinas, equipada con tecnología de realidad aumentada (anteojos, ropas, etc.) y ver modelos virtuales de los viejos edificios en sus lugares reales. Otras aplicaciones están relacionadas con el entretenimiento: los juegos del futuro fusionarán la realidad y la realidad aumentada en el sentido que el jugador se moverá en un ambiente real y, por ejemplo, perseguirá objetos virtuales. Ciertamente, la realidad aumentada puede ser una parte central de la computación ubicua.

El área ligada al **Entretenimiento** tiene un potencial difícil de exagerar, dos temas deben ser tomados muy en cuenta: edutainment (juegos que combinan educación y entretenimiento) y juegos basados en posicionamiento móvil, que naturalmente pueden verse como un tipo de realidad aumentada.

Finalmente, en una categoría general, se pueden ubicar soluciones técnicas ligadas a una multitud de aplicaciones “transversales” (que tienen que ver con varias de las áreas mencionadas y a la utilización de la tecnología en general). Entre las aplicaciones más plausibles que se pueden ubicar en esta clase se pueden mencionar la electrónica impresa, RFID, tecnología digital y computadoras silenciosas (sin ruido de fondo o humming) y robots para el hogar.

## APLICACIONES EMERGENTES PARA LA “NUEVA ECONOMÍA”

<b>Categoría</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Servicios “a medida”</b>	Control de la información personal	Comunicación e identidad independiente de los dispositivos
	Identidad digital	
	Producción personal de medios	Producción en tiempo real, cadena de valor personal
	Soluciones de información comunitarias	
	Servicios bidireccionales	Informar, enseñar, usuarios como innovadores
<b>Tecnologías de redes</b>	Distribución de contenidos a través de redes	Peer-to-peer
	Compatibilidad de redes	
	Búsqueda inteligente y organización de redes	Basadas en redes neuronales
<b>Voz y lenguaje</b>	Aplicaciones de tecnologías de lenguajes	Traducción on line
	Soluciones multiniguales	Viajes, información, reconocimiento del habla
<b>Tecnologías Ubicuas</b>	Ubi-intelligence	Técnicas de presencia virtual
	Diseño de ambientes	multiple senses, marketing
<b>Medios Híbridos</b>	Combinación de medios impresos y electrónicos	2D code legible una camerphone móvil conectada a una base de datos
	Papel y pagkaging inteligentes	
	Noticias “a medida”	Personales y comunitarias
	Papel parlante	Sonidos-textos-imágenes
<b>Servicios de comunicaciones</b>	Red global de medios	Todo, de cualquier forma, en cualquier lugar
	“Yo digital”	
	ID-TV móvil	
	Servicios gratuitos en diferentes medios	
	Expresión y realización de derechos civiles a través de redes	Voto, impuestos, plebiscitos
<b>Ambientes Virtuales</b>	Ambientes virtuales en el hogar	
	Realidad aumentada	
	Ambientes multisensoriales y plataformas virtuales para aprendizaje	
<b>Entretenimiento</b>	Juegos	
	Edutainment	
	Juegos basados en posicionamiento	
<b>Soluciones técnicas</b>	Electrónica impresa	
	RFID	
	Tecnología digital y computadoras silenciosas	
	Robots para el hogar	

## La TIC y la industria

En el Capítulo 4 se resumen algunos resultados correspondientes a varias áreas tecnológicas vinculadas con la industria, y se describe brevemente la visión de las empresas hacia el 2020 en términos de convergencia, descentralización y virtualidad. En lo que sigue se propone una síntesis de dichos resultados, con un análisis de las tendencias generales de las TIC aplicadas a la industria.

Desde el punto de vista de las nuevas aplicaciones a la *producción industrial*, dos de las tecnologías más importantes, aún en el futuro cercano, parecen ser las aplicaciones de RFID y las de la producción basadas en Internet. Las tecnologías basadas en sensores pasivos también aparecen como particularmente importantes, por ejemplo, en control ambiental, detección de gases, monitoreo de procesos industriales, y multisensado.

Una aplicación central es el desarrollo de líneas de producción masivas “a medida”, esto es la planificación, diseño e implementación de líneas de producción que, básicamente, funcionen bajo demanda y minimizando almacenamiento. Relacionado con este tema, aunque relevantes per-se, son de gran importancia los nuevos tipos de interfaces, la robótica y los sistemas de control; las primeras deberían desarrollarse en diferentes formas y funciones, tangibles, “wearables”, embebidas, etc.. En cuanto a la robótica y sistemas de control, buena parte de las aplicaciones se transformarán en multisensoriales; las aplicaciones de las TIC en robótica y sistemas de procesos productivos tendrán que ver con el teletrabajo y el trabajo móvil, incluyendo mantenimiento móvil. Los sistemas de razonamiento automático para detección de errores y optimización de la producción aparecen como aplicaciones claves para la producción industrial.

42

Más hacia el futuro, deben considerarse los “dispositivos que aprenden”, es decir, máquinas que se auto-controlan automáticamente y aprenden a adaptarse a diferentes situaciones. Estos dispositivos que aprenden son un primer paso hacia fábricas completamente automáticas que son una posible trayectoria de desarrollo hacia el futuro.

Una segunda categoría de aplicaciones está relacionada con el *procesamiento de la información industrial*. Las transformaciones más importantes tendrán que ver con la transferencia de información entre personas y entre personas y máquinas (man2man, man2machine y machine2man). Estas transformaciones están relacionadas también con nuevos tipos de control de producción, básicamente tecnologías de sensores y soluciones de producción basadas en IP. Actualmente, la transferencia de información multidireccional entre hombres y máquinas es todavía un problema; ciertamente, este problema se magnificará en las aplicaciones móviles, y su solución en términos de aplicaciones efectivas y amigables para las personas es una clave para el crecimiento de los sistemas de producción industriales. Las comunicaciones independientes de los dispositivos, basadas en IP, podrían proveer soluciones para este problema, sin embargo el dilema básico tiene que ver con la compatibilidad y la interoperabilidad de los diferentes sistemas y plataformas de software.

## APLICACIONES EMERGENTES PARA LA INDUSTRIA

Categoría	Temas	Comentarios
<b>Producción industrial</b>	Tecnologías de sensores	
	RFID	
	Sistemas basados en IP	
	Dispositivos inteligentes	Maquinas que se autocontrolan
	Fábricas totalmente automáticas	
	Redes de fábricas on line	
	Minimización de daño ambiental	
	Líneas de producción masiva "a medida"	Sistemas a demanda, minimización de almacenamiento
	Nuevas interfaces	Tangibles, wearables, embebidas
	Control de procesos multisensorial y robótica	
	Teletrabajo y trabajo móvil	
	Sistemas de mantenimiento móvil	
	Sistemas de razonamiento automático	
Sistemas y servicios de medición ambiental	Seguridad y control de emisiones	
<b>Procesamiento de la información industrial</b>	Flujos de información y transferencia de datos en sistemas productivos	Man2man, man2machine, machine2man, etc.
		Movilidad, soluciones basadas en IP
	General information gathering	Tecnología, finanzas, marketing
<b>Gerenciamiento de la cadena logística</b>	Captura y análisis de datos de proceso en tiempo real	
	Control de calidad	
	Mantenimiento y reparación móvil	
<b>Convergencia de sistemas de información</b>	Convergencia de la información	Combinación de toda la información de proceso y comparación con la planificación en tiempo real
	Convergencia de los sistemas a lo largo de todo el ciclo de vida	
<b>Aplicaciones de simulación</b>	Fenómenos micro-nivel en diferentes campos	Electrónica, info-nano-bio, materiales
	Combinación de visualización 3D y simulación	

El *gerenciamiento de la cadena logística* presenta importantes desafíos, en particular relacionados con la síntesis de información. Una importante aplicación en este sentido es el control de calidad y el mantenimiento móvil. Junto con estos temas aparecen importantes aplicaciones emergentes relacionadas con la dirección de la producción y la "customization" masiva. Los procesos productivos estarán más y más basados en soluciones "customizadas" y "a medida" entre el productor y el consumidor. Esta noción introduce desafíos para las aplicaciones de las TIC en dos niveles:

- Es necesario poder modelar dinámicamente el proceso productivo desde el inicio (concepción y planificación) hasta el final (marketing, interfaz del cliente).
- Para poder lograr la flexibilidad necesaria es preciso poder modificar, alterar y adaptar al usuario todas las partes del proceso. Los procesos productivos deberán, en consecuencia, ser tan modulares como sea posible.

Estas consideraciones imponen introducir innovaciones no solamente tecnológicas basadas en las TIC, sino en todos los niveles de producción y gerenciamiento de las empresas industriales. La incorporación de estas ideas de integración y unificación requerirán cambios radicales e importantes inversiones. El nuevo tipo de empresas necesarias para lograrlo, deberá transformarse de la organización tradicional determinada por el proceso productivo hacia una nueva, orientada a dar respuesta a las necesidades de los clientes.

Un tema de gran relevancia es la *convergencia de los sistemas de información*. La convergencia transforma progresivamente los procesos productivos en una red de módulos activos, es decir, la visión a futuro es que la ejecución, control y almacenamiento de información se combina a través de diferentes medios, incluyendo sensores. Esta información combinada es comparada con la planificación, en tiempo real. Toda la economía industrial podría concebirse funcionando a través de la integración de planes, procesos reales y evaluaciones de procesos a través de aplicaciones de las TIC.

44 Finalmente, una clase de aplicaciones de gran importancia son las *simulaciones*. Entre ellas, cobrarán gran relevancia las de fenómenos de micro-nivel en diferentes campos, entre ellos la electrónica, nanotecnología, biotecnología y tecnologías de materiales. Otras aplicaciones relacionadas combinan visualización 3D y simulaciones de procesos productivos reales.

# Algunas áreas tecnológicas y conceptos clave hacia el 2020

La evolución de las TIC en el último medio siglo podría sintetizarse diciendo simplemente que han pasado de ser tecnologías caras, complejas y orientadas a las grandes organizaciones a intentar ser tecnologías baratas, sencillas y fácilmente utilizables por las personas en su vida cotidiana. Esto significa que, en términos económicos y sociales, han pasado a ser (y lo serán creciente y rápidamente) tecnologías utilizables por miles de millones de personas.

MIT Technology Review del 17 de noviembre de 2006, publicó:

**“Information Technology: Personal Technology**

The days of being tethered to a desktop PC are long gone. A new generation of powerful, small, and cheap digital devices for computation and communications is on the horizon. Technology Review looks at the advances in hardware and software, including the opportunities offered by Web-based applications, that are making this revolution possible. Find out what’s coming next”



### **Annotating the Earth**

Move over, Rand McNally: Google Earth is becoming the standard tool for organizing geographical information.



### **Multilingual Mobile Messenger**

A new tool for disaster alert.



### **A New Platform for Social Computing: Cell Phones**

Cellular carriers are allowing their customers to share software, services, and content from independent companies. Finally.



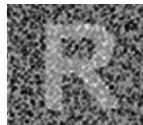
### **Better Fuel Cells for Laptops**

Adding a chemical found in antifreeze to fuel cells could provide a longer-lasting alternative to batteries in portable electronics.



### **The Evolution of Wireless**

New radio technologies could allow wireless handhelds to do more, and make updating cellular base stations quick and easy.



### **Pixel-Efficient Digital Cameras**

This novel hardware and software scheme avoids JPEG compression, conserving a camera’s battery.

## **Related Stories**

- Cell Phones Say Hi to Wi-Fi
- Eight Tips for the “Microsoft iPod” Team
- Ultra-Low-Power Cell Phones
- Nokia Phones Go to Natural Language Class
- Wikis Made Simple -- Very Simple
- Video Searching by Sight and Script
- Your Digital Wallet
- The Internet Is Your Next Hard Drive
- Stopping the Next SARS with Cell Phones
- WiMAX Cell Phones Edge Closer to Reality
- Cheaper MEMS Microphones
- Q Is for Quixotic
- A Tiny Silicon Clock
- Google’s Time Keeper

En el siguiente cuadro se intentan sintetizar las características principales de las TIC hacia el 2020.



46

La comprensión profunda de estas características de las TIC debe guiar los esfuerzos principales del sistema científico y tecnológico, incluyendo en el mismo a todos los actores relevantes. En esta dirección, se proponen en la siguiente tabla algunas de las categorías técnicas y conceptuales que aparecen como más promisorias, adoptando un punto de vista genérico en el sentido de identificar temáticas subyacentes y conceptos interdisciplinarios (aún dentro de las TIC).

<b>Categoría</b>	<b>Temas</b>	<b>Comentarios</b>
Nuevos conceptos de redes	Personal Area Network (PAN)	Cadena de valor personal, sistemas centrados en el usuario
	Ad Hoc Networks	Comunidades, marketing selectivo
	Ambient Intelligence	Los entornos urbanos y rurales como ambientes experimentales, seguridad, entretenimiento, información
Tecnologías de redes	Aplicaciones wireless	Última milla, terminales, gadgets
	Redes semánticas	Distribución de contenidos "a medida"
Soluciones para nuevos medios	"Cross media"	Múltiples canales, interoperabilidad
	Printed codes	Papel inteligente, códigos matriciales
Nuevas soluciones técnicas	Presencia virtual	3D avatars
	Wearable computing	Electrónica textil, salud, seguridad
Movilidad	Sistemas	
	Terminales	Amplia infraestructura para la computación ubicua, grid computing y mesh networking
	Servicios	
	WIFI	
	3G	
	Tecnologías de redes	
	Banda ancha Wireless	
Tecnologías de posicionamiento		
Sistemas inteligentes	Tecnologías de sensores y redes	Cuidado de la salud personalizada, seguridad, capacitación, entrenamiento
	RFID	Soporte para identificación y seguimiento inteligente de objetos, personas
	Sistemas que miden la confiabilidad y valor de la información	Calidad industrial y de servicio, producción y logística just in time, defensa, seguridad
	Arquitecturas distribuidas y flexibles	Software, hardware y comunicaciones
	Web semántica	"biblioteca de Alejandría interactiva y online" y más...
	Simulación y modelización (multidisciplinar)	Simulación micro y macro, computación científica
Interfaces	Screens planos y flexibles	
	3D	
	Sistemas que inducen interacciones sociales y comunitarias	Ciudadanía, marketing, educación y capacitación
	Modelización de usuarios en tiempo real	Marketing, seguridad, salud, educación
Sistemas controlados por la voz	Producción, comprensión e interpretación.	

## Alcanzar la punta de la tecnología

Los temas, conceptos e ideas presentados en las tres subsecciones anteriores ilustran algunos de los desafíos tecnológicos que es necesario abordar en Argentina, sin pérdida de tiempo. Por cierto, construir la Sociedad del Conocimiento requiere el desarrollo de una infraestructura tecnológica mucho mayor y más sofisticada que la disponible en nuestro país y que la que habitualmente se debate en numerosos trabajos, foros y reuniones acerca del tema.

Sin embargo, la cuestión no debería reducirse a incorporar tecnología que por cierto está o estará rápidamente disponible en el mercado global –incluso a costos razonables en muchos casos–. El desafío real consiste en crear las condiciones para la apropiación social y más aún para el desarrollo local de estas tecnologías. Los temas y las aplicaciones emergentes mencionadas proveen una agenda –incompleta por cierto– de líneas para la investigación aplicada y tecnológica que creen las bases para el desarrollo y los nuevos negocios que ya han comenzado a aparecer. Esta nueva oleada tecnológica requiere de manera impostergable renovar la educación en todos sus niveles, la investigación básica, así como cambiar radicalmente los paradigmas científicos y educativos predominantes. En efecto, tal como se discute en las secciones sobre Innovación (ver 6.2) y Capital Humano (ver 6.2) *la educación científica y tecnológica* de los niños y jóvenes (y de toda la población) es el sustrato fundamental imprescindible para el progreso, igualmente la promoción de *una cultura que promueva la creatividad, la innovación y el emprendedorismo* es condición *sine qua non* para el desarrollo económico y social.

48

El desafío de alcanzar la frontera tecnológica es imposible sin disponer de la investigación de base sólida en la que se funda, en última instancia, la tecnología. En los capítulos que siguen se analizan varias áreas tecnológicas claves y se señalan algunas prioridades de investigación básica imprescindibles en campos como la ingeniería de software, microelectrónica, comunicaciones y muchas otras. Al mismo tiempo, es impostergable promover la investigación multidisciplinaria, combinando principalmente las TIC con la biotecnología, la nanotecnología y las ciencias del conocimiento, pero también con las matemáticas, la física y aún con las ciencias sociales. No se trata simplemente de formular y/o desarrollar “proyectos multidisciplinarios”, se trata de comprender que es necesario un cambio de paradigma en las ciencias; la sociedad basada en el conocimiento requiere necesariamente la convergencia de las tecnologías, y esta a su vez de una concepción unificada de las ciencias. El desafío central que plantea la perspectiva para el sistema científico, y en particular para sus organismos rectores y de promoción, resulta en última instancia cultural. En efecto, los nuevos desafíos científicos y tecnológicos imponen el estudio, la comprensión profunda y la resolución de sistemas altamente complejos y multifacéticos que no pueden ser observados ni abordados desde un punto de vista disciplinar. Las nuevas generaciones de científicos deben ser educados desde esta perspectiva para que puedan ser provechosos para el desarrollo económico y social en la sociedad basada en el conocimiento.

### 3.3. Hacia donde va el mundo

Dos fuerzas directrices fundamentales predominan y parecen determinar el futuro en el mundo actual. La primera es la creciente movilidad de todo: dinero, capital, bienes, personas<sup>2</sup>, valores, cultura, ideas, fluyen a través de las fronteras nacionales y regionales con direcciones y velocidades nunca antes conocidas. La segunda es la poderosa interdependencia de las distintas partes del mundo, su creciente interacción y cooperación en economía, producción, desarrollo social, comunicaciones e intercambio humano.

La globalización actual está fundamentalmente orientada por el flujo de capitales. Numerosos autores sugieren que las economías nacionales se encaminan al colapso dando lugar a un nuevo sistema mundial dirigido por las inversiones (o mejor, por los inversores). En las antiguas y poderosas economías industriales la manufactura tradicional solamente da cuenta por una pequeña parte de la producción económica y el empleo, al mismo tiempo que el papel de los servicios se expande de manera asombrosa.

La “dilución” de las fronteras económicas y comunicacionales a escala mundial, obliga a las naciones y regiones a repensar sus roles. El poderoso crecimiento económico en Asia está forzando a las viejas potencias industriales a una nueva competencia, en la que los factores claves del éxito son la innovación y la eficiencia (en particular, en costos). El Lejano Oriente, China e India disponen de potentes economías emergentes y de ciencia y tecnología. En particular India está avanzando rápido sobre áreas en las que los países industriales tradicionales basaron –y sostienen– sus ventajas competitivas, tales como alta tecnología. Un panorama similar se espera en el futuro cercano con los nuevos miembros de la UE y Rusia.

49

Rápidamente, en más y más sectores la competencia deja de concentrarse en los mercados locales para transformarse en global. La demanda creciente de eficiencia necesaria para competir está llevando a la globalización del trabajo e introduciendo una enorme presión para bajar costos. Estos cambios, que han generado las modalidades productivas conocidas como outsourcing y offshoring, que tienen un impacto importante y problemático en el empleo en los países avanzados, así como en su competitividad económica y tecnológica.

En el futuro, el éxito en los negocios ya no se obtendrá tan sólo por medio de la innovación tecnológica, sino que requerirá de medios más sutiles y mayor

---

2 Aporte de Manuel Marí: En este punto el interés está en la movilidad de personas con altas capacidades que puedan ser utilizadas en los países destino, no para migraciones en general. Esto por supuesto no altera lo que se dice aquí acerca de la movilidad general de los recursos, ni el hecho de la interdependencia y la dilución de las fronteras económicas, salvo por las barreras a la migración de personas. Es, por un lado, un tema social global; por otro lado, invalida totalmente la aplicación de modelos económicos destinados para un sólo país (los modelos de la economía “main-stream”) a la economía mundial e internacional. Estos modelos suponen la movilidad de los factores de producción, que harían nivelar la retribución de los factores (las tasas de ganancia y los salarios).

sofisticación que los que se utilizaron en las últimas décadas. Será necesario un conocimiento más profundo de los deseos y elecciones de los consumidores y mayor capacidad para generar diferencias de “los otros” productos y servicios. El éxito de las empresas, pero también de los países y regiones, dependerá cada vez más de la comprensión profunda de estas variables y sus interrelaciones. La globalización no es solamente un proceso económico, también impacta fuertemente en el desarrollo social y en la vida cotidiana de las personas. En el ámbito individual, la globalización genera ganancias y pérdidas, por una parte significa mayor libertad de elección en educación, trabajo y consumo; por la otra, la vida diaria de los individuos está permanentemente invadida por una creciente complejidad, por la creciente vulnerabilidad de los negocios, inestabilidad en el ámbito laboral y crecientes tensiones interculturales. En el ámbito global, los cambios en la estructura de la población mundial tendrán cada vez mayor influencia en la economía. En particular, en los países desarrollados, el “envejecimiento” de la población aumentará las tensiones sociales y laborales, a la vez que generará cambios en la estructura de consumo, en particular en la demanda de servicios de salud y cuidado.

## **Vivir en la Sociedad Basada en el Conocimiento...**

50

La competencia global presenta crecientemente nuevos desafíos para los países, y de manera particularmente aguda para los países en vías de desarrollo. Esto ocurre en todas las áreas de la sociedad y la economía, incluyendo producción y negocios, investigación y desarrollo, y educación.

Una nueva categoría sociológica –aún bastante poco clara– llamada “Sociedad Basada en el Conocimiento” intenta resumir las nuevas tendencias de producción, intercambio, cultura y, en definitiva, de la vida de la gente. Esta sociedad de nuevo cuño, global por naturaleza, requiere, y requerirá aún más en las próximas décadas responder a desafíos inéditos en la historia de la humanidad. El futuro de las personas, los países y las regiones depende crecientemente de sus conocimientos, creatividad, innovatividad y de la capacidad de adquirir y compartir estos intangibles en redes de todo tipo, de alcance global.

Cuatro factores aparecen en el horizonte como las “claves del éxito” en el mundo global. Abordarlos, comprenderlos profundamente y desarrollar políticas y estrategias adecuadas en los contextos locales y globales, es el único camino viable hacia el progreso y el bienestar. Estos factores son:

- Desarrollar una fuerza de trabajo educada y competente
- Dominar el proceso de innovación
- Desarrollar nuevos servicios para el mercado global
- Aprovechar el conocimiento global

El primero y fundamental desafío es conducir una mejora sustancial en los sistemas de educación y entrenamiento para todos los ciudadanos; en esto coin-

ciden todos los gobiernos y especialistas en el mundo. Se trata de un desafío mayor, particularmente para los países subdesarrollados y en vías de desarrollo. La Sociedad del Conocimiento requiere acceso universal al conocimiento y más todavía dominio del conocimiento puesto en acción.

*a) Un factor de éxito crucial: Fuerza de trabajo competente*

La competencia por (obtener y ofrecer) lugares para producir bienes y servicios es un factor clave en la competencia global; niveles de costos y una fuerza de trabajo competente son cruciales para el éxito en esta carrera. Los países en desarrollo, como Argentina, deben evaluar muy precisamente los campos en los que buscan alcanzar la excelencia en investigación, tecnología e innovación. Estos países deben vincularse en red globalmente y desarrollar nuevas formas de explotar el conocimiento y la competencia global. Es importante aprovechar las oportunidades que brinda la disponibilidad de una fuerza de trabajo relativamente capacitada y de bajo costo, pero sería un error imperdonable no impulsar y perseverar en las especializaciones adecuadas a las capacidades endógenas y oportunidades que brinda el mercado global.

Con esta línea general en desarrollo, no alcanza simplemente con las competencias científicas y técnicas para la innovación, también son cruciales las culturales y regulatorias. En el futuro, el crecimiento necesitará de inversiones para desarrollar capacidades que integren creativamente el conocimiento científico y tecnológico con las competencias culturales, sociales, de negocios y legales.

51

La lucha por obtener una fuerza de trabajo capacitada se está transformando en una disputa feroz a escala mundial. Es clave entonces realizar esfuerzos importantes para construir ambientes de trabajo y de vida adecuados, tanto para preservar los recursos propios como para atraer personas especializadas de otros países. Al mismo tiempo, es importante posibilitar que la gente se mueva en busca de educación y conocimientos científicos y tecnológicos en cualquier lugar del mundo.

Las organizaciones y su management y liderazgo se tornan crecientemente complejas. Las personas que participan en organizaciones en red se enfrentan con desafíos complejos, muy significativamente relacionados con la interacción, comunicaciones y "social skills". Todos deberán ajustarse a cambios importantes en sus tareas en alguna etapa de su vida laboral, lo cual pone en evidencia la importancia del aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida. Será necesario dedicar más y más tiempo al entrenamiento y la educación, los modelos de alternancia entre trabajo, aprendizaje y ocio también será cambiante a lo largo de la vida de un individuo; el aprendizaje tendrá lugar, crecientemente, fuera de las instituciones de educación formal. Esto significa que debe prestarse especial atención al desarrollo de ambientes de aprendizaje en el trabajo, en el hogar, "a distancia", etc.

## *b) Dominar el proceso de innovación*

El dominio del proceso de innovación es el área de competencia más importante en la economía global. Su importancia no debe concebirse, como ocurre muchas veces, solamente en relación con la investigación y el desarrollo de productos, sino también para los procesos de negocios, la gestión y otras áreas.

El significado del término de “innovación” es tal vez una de los mejores ejemplos de la diferencia entre la sociedad industrial y la sociedad basada en el conocimiento; actualmente, innovación significa, primordialmente, utilizar competencias, conocimientos y “know-how” para producir y desarrollar nuevos conocimientos, construcción de redes y la aplicación e integración del llamado conocimiento tácito con el conocimiento codificado habitual del mundo de la investigación. Las condiciones para la construcción y el trabajo en redes en Argentina son difíciles, debido a la histórica disociación entre el sector científico y el empresario, la debilidad de las redes aún dentro de las propias tramas o encadenamientos productivos y aún dentro del propio mundo académico; así mismo, son muy pocas las ocasiones en las que los hacedores de políticas se involucran en redes junto con los otros actores. Sin embargo, debe reconocerse que en los últimos años, algunos organismos públicos han comenzado a estimular la formación de estas redes (notablemente, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva-ANPCYT), a involucrarse activamente en Foros y debates multipartitos acerca de innovación, competitividad, tecnología, etc..

52

Producir innovaciones requiere una adecuada infraestructura y oportunidades para la investigación y el desarrollo creativos. No deben imponerse requerimientos de “eficiencia” que conspiran contra la innovación creativa y sus recursos. A pesar de algunos esfuerzos muy recientes nuestro país carece de la infraestructura científica y técnica indispensable para la investigación y el desarrollo. Aún no dispone de una red de alto rendimiento que posibilite la interacción necesaria entre los investigadores, y obviamente, con sus colegas del exterior. Por otra parte, la cultura de la evaluación científica basada casi exclusivamente en la producción de papers con “alto impacto” (por cierto editorial, muy ocasionalmente productivo o social), impone criterios de “eficiencia” científica y promueve conformación de élites académicas con poca o ninguna relación con la realidad productiva y social.

Cada vez más, las innovaciones se generan en redes globales. El management de las redes de innovación posibilita el desarrollo del proceso e innovación y facilita las nuevas innovaciones. El conocimiento y know-how relacionados con el management de las redes de innovación es imprescindible en todos los sectores relacionados con investigación y desarrollo (empresas, universidades, centros de investigación). Es necesario construir un ambiente abierto y en red que posibilite tomar decisiones rápidas y efectivas, promueva la cooperación entre investigación básica y aplicada, y la interacción entre los actores públicos y privados. Un ambiente abierto e integrado a las redes internacionales no solamente posibilita el acceso al conocimiento científico y tecnológico, sino también ayuda a

entender los cambios en las demandas y necesidades de las personas, así como los cambios en su comportamiento, que resultan fundamentales en el éxito de la innovación; la evaluación de las oportunidades de negocios y la adecuación de las acciones de marketing, logística, y desarrollo “de marca” son áreas de experticia cruciales, claves para la competitividad global, y ciertamente son parte integral e indispensable del proceso global de innovación.

Argentina necesita formar científicos y profesionales competentes, y retenerlos en la academia, los centros de investigación y las empresas de tecnología. Sin embargo, esto es insuficiente, es necesario formar recursos humanos de alto nivel y en número suficiente en áreas específicas de especialización en cada una de las ramas consideradas clave, y también es necesario aprovechar la relativamente enorme diáspora de científicos, profesionales y empresarios argentinos radicados y ocupando lugares relevantes, en prácticamente todos los centros importantes de alta tecnología y negocios; estos compatriotas, tal como ocurre con otros países, deben ser una puerta de entrada fundamental a las redes internacionales.

### *c) Desarrollar nuevos servicios y exportar*

El desarrollo de servicios, su conversión en productos y exportación es otra área clave para el futuro. Existen variadas y fundadas razones para creer esto. La producción de servicios abarca una creciente proporción del comercio mundial, así como alrededor de 2/3 del producto bruto global; en Argentina, representa más del 50% del PIB y la tendencia es también creciente. La producción de servicios es importante no solamente para el bienestar general sino también para la competitividad industrial, una porción creciente del comercio exterior industrial está relacionada con los servicios. Existe un enorme campo para el crecimiento de los servicios de salud, servicios personales relacionados con el bienestar y con la ancianidad, así como también vinculados con el comercio mayorista y minorista, y los servicios de negocios en general.

En Argentina existe escasa tradición en el desarrollo de negocios de servicios, recién en la década de los 90, en el contexto de la privatización de servicios públicos, comenzó a instalarse esta visión; luego de la crisis de 2001, en relación con la devaluación de la moneda, se inició un proceso de crecimiento de esta rama de la economía, en buena medida vinculada con la utilización de las TIC. No obstante, aún predomina el concepto de venta de mano de obra barata, como idea general de desarrollo de negocios y servicios. Sin embargo, como lo demuestran numerosas experiencias internacionales, entre ellas las de Irlanda y la India, es posible un grado de sofisticación importante y un alto grado de valor agregado en la producción y comercialización de los servicios. El aprovechamiento de estas oportunidades requiere programas de desarrollo interdisciplinarios así como esfuerzos orientados a reconocer oportunidades (particularmente en el área de las TIC), necesidades de los usuarios, análisis y evaluación de nuevos conceptos. Los servicios exitosos son aquellos que integran conocimiento y experiencia social, comercial, organizacional, tecnológica y de diseño, entre otras.

Argentina tiene mucho por aprender en cuanto a poder explotar las oportunidades para exportar servicios, particularmente necesita desarrollar una cultura acerca de su desarrollo y comercialización. De todos modos, Argentina posee un recurso crucialmente importante para el desarrollo de servicios: un capital humano relativamente bien educado, y al menos transitoriamente bajos costos laborales. Sin embargo, esto es claramente insuficiente, el desarrollo de servicios requiere un clima de negocios favorable, clara comprensión de los cambios en las demandas, necesidades y mercados, tanto en servicios como en otros negocios. El tan mentado y reconocido talento argentino para la ciencia y tecnología es solamente una parte de lo necesario para lograr avances en este rubro, hace falta mucho más para lograr un lugar relevante en el mercado global: políticas públicas activas que incentiven el desarrollo de este sector sea en términos impositivos, laborales, de comercio exterior, desarrollar habilidades de marketing y negocios, promoción de emprendedores e innovadores. Es posible avanzar a buen paso en el desarrollo de servicios y su exportación, una alternativa clara es promover que las industrias argentinas que participan activamente en el mercado mundial (las del sector agro-alimenticio, por ejemplo) inviertan en mejorar y desarrollar su marketing de servicios, y realicen esfuerzos para refinar sus productos orientados por las demandas de los usuarios y las tendencias del mercado global. Una estrategia de este tipo puede “apalancar” el crecimiento de un segmento de servicios orientados a la exportación, muy particularmente en el campo de las TIC.

54

*d) Aprender a aprehender y aplicar el conocimiento global*

Una de las características distintivas de la sociedad basada en el conocimiento es la utilización y aplicación masiva y eficiente del conocimiento global. Se trata de un dato de la realidad que asumirá importancia, decisiva en el futuro de la industria, los negocios, la ciencia y la tecnología, y la sociedad en general.

Cada vez más los conocimientos claves se producen fuera de los límites de los pequeños países, pero al mismo tiempo esta información se difunde mucho más rápidamente que en el pasado. Los países en desarrollo deben prepararse para dominar el cambio y construir los mecanismos que posibiliten monitorear los desarrollos internacionales así como para usar y transferir el conocimiento global.

Al mismo tiempo que la difusión rápida y masiva de conocimientos de todo tipo, la globalización trae consigo, como sombra al cuerpo, la internacionalización de viejos y nuevos riesgos, particularmente serios para los países en desarrollo. Resulta necesario desarrollar capacidades propias e independientes para analizar y manejar riesgos y vulnerabilidades en áreas estratégicas relacionadas con información, telecomunicaciones, energía, medio ambiente, así como en los segmentos de negocios vinculados con las mismas. Argentina, y más ampliamente Latinoamérica, necesita aprovechar su experiencia en algunas áreas (por ejemplo, energía atómica en el caso argentino) y avanzar en muchas otras, para poder lograr una posición respetable en el concierto internacional.

Argentina tiene oportunidades en el mundo global, particularmente en el área de las tecnologías de la información, pero a condición que asuma su propia realidad y tome las decisiones correctas, esto es: Argentina es un país en desarrollo, dependiente, con serios problemas en sus sistemas científico y educativo, y necesita concentrar sus esfuerzos en la investigación y desarrollo en aquellas áreas y unidades de investigación en las que tiene capacidades genuinas y ventajas competitivas. Es importante aprender a apropiarse del conocimiento producido en cualquier lugar del mundo y darle utilidad efectiva tanto en la investigación de punta como en la producción. Para conseguir un lugar en la competencia global es necesario alentar la internacionalización de los investigadores, que habitualmente trabajan en pequeños, y a veces aislados, campos del conocimiento; es imprescindible promover su participación en redes internacionales. También es necesario investigar en la creación de nuevas herramientas para utilizar el conocimiento global, en este punto la investigación interdisciplinaria, centrada en el uso de las TIC, es fundamental. Al igual que los científicos y tecnológicos, las empresas deben participar en redes y proyectos internacionales, en este caso también es necesario disponer de programas y fondos públicos para lograrlo.

“Alguien ha propuesto, acertadamente, que así como la ciencia se sintetiza en la palabra griega eureka –que quiere decir ¡lo encontré!– la innovación debería reconocerse a través de eposesa, que quiere decir ¡lo vendí!. Si nadie dice eposesa, no hay innovación.”<sup>3</sup> ... es necesario entonces disponer de conocimiento científico, técnico, de negocios internacionales, pero también habilidades de comunicación e interacción social, conocimiento de la economía, la realidad y la cultura de los mercados en los que se pretende penetrar. El camino para asegurar la efectividad de la innovación está estrechamente relacionado con la capacidad de encontrar, analizar y vincular creativamente la información y el conocimiento relevantes, que permitirán ganar claridad respecto de las oportunidades y escenarios globales que deben guiar los esfuerzos científicos, tecnológicos, empresarios y gubernamentales.

55

### 3.4. Hacia donde va Latinoamérica<sup>4</sup>

La “marcha del mundo” relatada anteriormente es, por cierto, un futuro posible; o tal vez solo un futuro posible para el llamado “Primer Mundo”. Latinoamérica, mirada en su conjunto, parece estar aún bien lejos de dichas predicciones; o tal vez, mirando cada país de la región, podríamos estar hablando del futuro posible de un pequeño porcentaje de la población de cada uno.

---

3 Ferraro, R., ponencia presentada al Simposio Internacional OMPI-IFIA: Los inventores ante el nuevo milenio. Bs As, Septiembre de 2000.

4 Esta sección es una versión libre y aggiornada del excelente trabajo “Las Tecnologías de la Información y la Comunicación y los problemas del desarrollo económico en América Latina” del Dr. Andrés López. Buenos Aires 2004.

El Índice de Preparación para el Acceso a la Red (Network Readiness Index) de 2006 elaborado por el World Economic Forum (<http://www.weforum.org/pdf/gitr/rankings2007.pdf>), que mide la propensión de los países para explotar las oportunidades ofrecidas por las TIC, muestra que solamente Chile se ubica entre los primeros 40 países, en tanto México ocupa el lugar 49, Brasil el 53 y Argentina el 63. Esta clasificación, posiblemente discutible en algunos aspectos, revela, al menos desde un punto de vista general, que las políticas llevadas a cabo en la región no están promoviendo una difusión equitativa de las oportunidades de acceso, ni menos aún de las capacidades de emplear efectivamente estas tecnologías. Del mismo modo, han fracasado en la esperable tarea de estimular una transformación significativa del perfil productivo predominante en la región, a través de la inserción de actividades productoras o intensivas en el uso de las TIC.

Un problema central, más allá de las cuestiones de diseño e implantación de los programas y políticas adoptados, tiene que ver con el discurso –o la creencia– muy extendido durante la década pasada de que Latinoamérica se incorporaría sin traumas a la descripta marcha del mundo. Así, estas políticas ignoraron los problemas estructurales que afectan a la región y que explican su retraso, así como las inequidades internas generalizadas en la mayoría de sus países.

56

Los fuertes contrastes sociales, de acceso a la educación y disponibilidad de infraestructura, así como de una amplia heterogeneidad dentro de los aparatos productivos, las políticas hacia las TIC se han concentrado en: i) acelerar el tránsito a las TIC de sectores que de todos modos las hubieran incorporado (servicios financieros, bancarios, telefonía, etc.) y/o ii) garantizar la conectividad y acceso sin estimular la generación de competencias para emplear eficazmente las nuevas tecnologías.

En este contexto, las ya serias desigualdades económicas, sociales y educativas podrían acentuarse en la región, tanto porque los grupos sociales rezagados tendrían menos acceso a las TIC, como porque aún cuando accedan carecerán de las capacidades complementarias para que dichas tecnologías sean un instrumento útil de ascenso social.

De todos modos, las TIC que se difunden en Latinoamérica, con decenas de millones de usuarios de Internet (solamente en Argentina habría 10 millones de “internautas”), de telefonía móvil, etc. lo atestiguan. Así por ejemplo, el “home banking” habría crecido un 30% en 2006 en Argentina alcanzando a 1.300.000 usuarios. El desafío consiste, en todo caso, en elaborar y llevar adelante estrategias que permitan aprovechar las oportunidades que estas tecnologías ofrecen para aumentar las posibilidades de empleo y nivel de ingresos de las personas.

### **3.4.1 TIC en el contexto productivo**

Además de la brecha con el mundo desarrollado, en América Latina existe, en cada país, una significativa brecha interna en cuanto al acceso a las TIC. Los ni-

veles de ingresos y educación aparecen como determinantes básicos, junto con lugar de residencia, género, etnia, dominio del inglés, etc. (ALADI, 2003; CEPAL, 2003). También hay brechas sectoriales<sup>5</sup>, y, a nivel de empresas, se observa, previsiblemente, una asociación positiva entre tamaño y uso de TIC, lo cual sugiere la existencia de indivisibilidades en la adquisición de estas últimas (ver, para el caso de la Argentina, INDEC-SECYT-CEPAL, 2003). Más allá, de las conocidas diferencias en el uso de los sistemas administrativos y de gestión ampliamente difundidos en las grandes empresas (por ejemplo, SAP) y solo precariamente en las pymes, un buen ejemplo de la brecha entre los países desarrollados y Latinoamérica, así como entre los distintos segmentos productivos, lo ofrece la utilización de robots para la producción. En las figuras siguientes se muestra la situación en los principales países latinoamericanos al respecto:

### ROBOTS POR APLICACIÓN, INSTALADOS EN EL AÑO 2004

Aplicación	Argentina	Brasil	Chile	Total
Manipuleo y atención de máquinas	2	121	5	128
Soldadura por arco	9	28		37
Soldadura por puntos	2	50		52
Pintura y esmaltado		3		3
Pulido/desbarbado	4	2		6
Montaje		2		2
No especificado		2		2
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>208</b>	<b>5</b>	<b>230</b>

57

### ROBOTS POR INDUSTRIA, INSTALADOS EN EL AÑO 2004

Industria	Argentina	Brasil	Chile	Total
Plástica/Goma		51		51
Metalúrgica	7			7
Máquinas/equipos		10		10
Maquinaria de oficina y computación		6		6
Máquinas eléctricas, comp/semiconductores	2			2
Automotriz	8	135		143
Construcción		1		1
No especificada		5	5	10
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>208</b>	<b>5</b>	<b>230</b>

El número de robots en América Latina representa un milésimo del existente en Europa y menos aún que el de Japón. Así mismo, el fenómeno de concentración en la industria automotriz –observado también a escala global– aparece agudiza-

5 Por ejemplo, en Brasil el e-commerce avanzó mucho más en sectores “intensivos en información”, como el financiero o las telecomunicaciones, que en las actividades tradicionales (Bastos Tigre y Dedrick, 2002).

do en Latinoamérica. Finalmente, esta estructura de la distribución de los robots indica que su uso está restringido casi exclusivamente a grandes compañías.

Pero las causas de la heterogeneidad en la difusión de las TIC van más allá del tamaño de las firmas. En el caso argentino, un estudio reciente encuentra que si bien hay correlación entre el uso de TIC y las competencias endógenas de las empresas, también reporta que, para un número importante de firmas, hay un desbalance entre ambas variables, lo cual sugiere que la incorporación de TIC puede adelantarse o retrasarse vis a vis el proceso de adquisición de competencias. Sobre esta base, los autores sugieren la implementación de iniciativas que promuevan simultáneamente la mejora de las capacidades endógenas y la incorporación de TIC, de modo que el empleo de estas últimas sea más eficaz (Yoguel et al, 2003).

En resumen, las heterogeneidades en las capacidades de aprendizaje y absorción, así como en la competitividad, observables tanto entre empresas como entre sectores, se verían agravadas, sea porque los sectores y firmas rezagadas usarían menos intensivamente a las TIC como porque, si las emplearan, lo harían con poca eficacia por no poder y/o saber encarar los cambios organizacionales y productivos necesarios para que el potencial de esas tecnologías sea aprovechado.

### 58 **3.4.2. Producción de TIC en Latinoamérica**

En lo que hace a la producción de TIC, sólo Brasil y México han establecido estrategias de promoción en el caso del hardware, de signo muy disímil entre sí y cada una con problemas específicos (escaso nivel de competitividad internacional en el caso de Brasil y bajo nivel de integración y de esfuerzos innovativos locales en el de México). Dada la dificultad para avanzar en la producción de hardware desde los Países en Desarrollo (PED) –por la fuerte prevalencia de empresas transnacionales que organizan cadenas globales de valor–, más aún cuando se carece de las capacidades empresarias y tecnológicas, que permiten el éxito de algunos países asiáticos en estas industrias, son pocos los países de la región que podrán aspirar a convertirse en productores de hardware competitivos a nivel internacional.

Si bien la producción de SSI aparece como más adecuada a las capacidades disponibles en América Latina (lo cual ha motivado a varios gobiernos a establecer programas de incentivos y/o asistencia), y de hecho países como Argentina han crecido notoriamente en este campo en los últimos 6 años, también en este sector hay dificultades importantes a superar, incluyendo: i) la competencia por penetrar en estos mercados es intensa y suele darse en vía de bajos costos laborales; ii) los mercados internos son, en general, una débil plataforma de aprendizaje, tanto por su reducido tamaño como por la escasa sofisticación de la demanda; iii) la falta de capitales, información de mercado, estándares de calidad, vínculos de confianza, etc. dificulta la penetración en los mercados de exportación; iv)

están ausentes o son débiles las relaciones de cooperación y los clusters que han favorecido el desarrollo del sector de SSI en las experiencias internacionalmente exitosas. A esto hay que agregar que la preocupación por la pérdida de empleos en los países desarrollados —en particular, en los EE.UU.— derivada de la terciarización de servicios informáticos hacia los países en desarrollo podría derivar en un “neo-proteccionismo” que, eventualmente, sumaría dificultades para las exportaciones de SSI desde la región.

En tanto, las tendencias al reforzamiento de los regímenes de Derecho de Propiedad Intelectual (DPI) a nivel internacional podrían generar nuevos obstáculos tanto para la difusión y uso de las TIC, como para su producción en los países de la región. De hecho, en un ambiente de expansión de la cobertura de los DPI en el área de las TIC, la importancia de contar con capacidades productivas propias en este sector se hace aún mayor para las naciones de América Latina.

En este escenario, el modelo open source se plantea como una alternativa interesante para favorecer la difusión de las TIC en la región, así como para, eventualmente, estimular el surgimiento de nuevas empresas locales innovadoras en el sector de SSI, aunque todo indica que en el futuro el open source coexistirá con el software “propietario”, por lo cual no resultaría sensato que los países de América Latina apuesten exclusivamente por uno u otro modelo.

### **3.4.3. Conclusiones sobre Latinoamérica**

59

En conclusión, la expansión de las TIC en América Latina seguramente asumirá características y generará efectos heterogéneos, pero, sin duda, estará lejos de convertirse, por sí sola, en un factor que permita superar los antiguos problemas del subdesarrollo. En este escenario, se impone una reflexión acerca del tipo de estrategias que permitirían aprovechar a las TIC como un elemento favorable al proceso de desarrollo económico-social, o al menos evitar que se conviertan en un factor que agrave los problemas existentes.

Cuatro tareas surgen como necesarias en este sentido: i) profundizar en la investigación sobre los determinantes de la adopción y el impacto de las TIC en los países de la región; ii) integrar a las políticas pro-TIC en el marco de estrategias que apunten a resolver los problemas estructurales de América Latina, contemplando las necesidades y condiciones específicas de los distintos países, regiones y grupos sociales; iii) establecer un diálogo más fluido entre los hacedores de política y el mundo académico, con el fin de que las iniciativas que se adopten se basen en un conocimiento más preciso de la realidad; iv) prestar atención a las negociaciones internacionales y regionales en materia de DPI, con el objetivo de evitar que surjan nuevas restricciones para la difusión, producción e innovación en TIC de la región.

### 3.5. TIC en Argentina

El empleo de las TIC en Argentina ha tenido un desarrollo anárquico signado por la falta de políticas públicas orientadoras. En los últimos años –especialmente desde 2004 a la fecha– el gobierno nacional y algunos gobiernos provinciales han adoptado una cantidad de medidas orientadas al sector de software y servicios informáticos, que ha respondido rápidamente a dichos estímulos.

En el área de las telecomunicaciones, que se expandieron y mejoraron la calidad y variedad de servicios como producto de la privatización, no parece haber una política semejante a la del sector SSI, observándose una muy alta concentración de los operadores –extranjeros en lo fundamental– y poca actividad productiva nacional. Por otra parte, consecuencia directa de la privatización de los servicios, la difusión y acceso a Internet de banda ancha se encuentra completamente concentrado en unas pocas ciudades y sus regiones cercanas, transformándose en una traba objetiva para el desarrollo de una Sociedad de la Información en todo el ámbito nacional, particularmente en las regiones más rezagadas y en el agro. Las empresas locales más activas se ubican en el área de la prestación de servicios de Internet (ISP), de call y contact centres, y help desks. Estas actividades, si bien son grandes generadoras de empleo, no suman o agregan poco valor a sus servicios y su crecimiento parece estar fundamentalmente ligado al tipo de cambio ventajoso.

60 El área de la electrónica y microelectrónica sufrió una profunda depresión, particularmente durante la década del '90 y presenta una recuperación acelerada aunque todavía poco perceptible. Según señala el Ing. Andrés Dmitruk<sup>6</sup>:

“.....Pero es cierto destacar que en el país, cada vez más, y con ausencia de una política de fomento, se diseñan y fabrican con componentes importados, equipos electrónicos destinados a mercados de volumen medio o bajo como aplicaciones para telecomunicaciones, médicas, seguridad, control industrial, audio y video profesionales, etc. Algunos de esos productos son de gran calidad y se exportan a mercados exigentes, pero aún sus volúmenes de producción son cantidades reducidas. Las perspectivas de las PyMEs productoras de estos bienes son buenas, pero todavía se encuentran lejos de alcanzar niveles de facturación significativos para el conjunto de la economía.

En una primera estimación que debe ser confirmada, alrededor de 900 empresas, muchas de ellas microempresas, están trabajando en el mercado nacional y han desarrollado equipos y sistemas que producen localmente, y varios de ellos ya se exportan según el siguiente listado:

- Analizadores electromédicos de parámetros clínicos.
- Centrales telefónicas públicas y privadas de pequeña y mediana capa-

---

6 Situación de la Industria Electrónica. Documento de trabajo del Foro de Competitividad de las TIC, Programa de Foros de Competitividad de la Cadenas Productivas, Secretaría de Industria, Comercio y Pymes, 2005.

cidad, incluyendo aquellas, del tipo softswitch en las que se incorpora software para redes convergentes.

- Concentradores telefónicos digitales y analógicos.
- Conmutadores “inteligentes” para ahorro de energía en iluminación.
- Controladoras industriales de nivel, temperatura, humedad, etc.
- Controles de acceso de personas y vehículos.
- Electroencefalogramas y electrocardiógrafos.
- Enlaces mono y bicanales de radiocomunicaciones, analógicos y digitales.
- Equipos “inteligentes” de electrónica de potencia, tales como fuentes ininterrumpibles de energía, máquinas soldadoras, equipos de corte por plasma, de protección catódica, etc.
- Expendedores de boletos para transporte público.
- Impresoras y controladoras fiscales.
- Monitores de medio ambiente.
- Monitoreo, programación y control de estudios de radio y televisión.
- Parquímetros electrónicos.
- Sistemas de alarmas electrónicas, alámbricos e inalámbricos.
- Sistemas de control para máquinas de envasar.
- Sistemas de posicionamiento para uso en agricultura.
- Sistemas de posicionamiento y radioenlace para despacho y control de flota.
- Sistemas de telefonía rural.
- Sistema de telegestión y supervisión de alumbrado público.
- Tarifadores telefónicos.
- Terminales de atención bancaria y equipos auxiliares...

61

Por otra parte, un Panel de Expertos<sup>7</sup> convocados por el INTI para desarrollar una propuesta para el sector de microelectrónica, considera que los siguientes campos son viables para la Argentina en dicha disciplina:

- Diseño de circuitos.
- Testing de chips.
- Encapsulado y prueba final de los circuitos.
- Fabricación de sensores y la integración híbrida (MEMS, SOP's).

A la vez que constata que se cuenta con recursos humanos con formación básica adecuada, pero hay un carencia importante de profesionales con especialización de alta tecnología, que abarque el management, el planeamiento estratégico y el marketing. Dicho Panel propone la creación de un Instituto de Diseño de Microelectrónica (IDME) cuyo objetivo es la promoción de la microelectrónica como una actividad económica sustentable en el país. Inicialmente, el objetivo es constituir una “Design House”, cuyo principal aporte de valor será la generación de propiedad intelectual.

---

<sup>7</sup> Segundo Panel de Prospectiva en Microelectrónica. Elaboración de la propuesta de creación de un Instituto de Diseño de Microelectrónica. Recomendaciones de los expertos, instituciones y empresas. Bs. As., mayo 2006.

### 3.5.1. El Sector SSI<sup>8</sup>

En los últimos años, Argentina ha presentado un importante y sostenido desarrollo del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI).

Las principales características de este sector son:

- Recursos humanos bien calificados.
- Innovación y capacidad creativa.
- Infraestructura de telecomunicaciones e informática adecuada.
- Costos y precios competitivos.
- Creciente inserción en nuevos mercados externos y, por ende, aumento en las exportaciones.
- Interacción entre el gobierno, el sector académico y el sector empresario.
- Fuerte recuperación del mercado interno.
- Marco legal que incentiva el desarrollo del sector.

Es destacable que la sanción de la Ley 25.856, de Declaración como Industria a la producción de Software, y la Ley 25.922, de Promoción de la Industria del Software, han permitido dotar al sector de un marco normativo y referencial que no sólo le ha generado ventajas de orden impositivo, sino que lo han identificado como una de las áreas económicas más dinámicas del país y con mayor proyección.

62

Se trata de una industria que está fuertemente concentrada en la Ciudad de Buenos Aires, pero existen también importantes conglomerados de empresas en el Conurbano Bonaerense, Rosario, Córdoba, Mendoza, Tandil, Mar del Plata y Bahía Blanca, entre otros. Estos polos tienen en común la disponibilidad de recursos humanos calificados y una fuerte vocación de cooperación empresarial. Este sector está compuesto básicamente por:

- Un número reducido de grandes empresas, la mayoría de capitales extranjeros, dedicadas principalmente a la comercialización de productos de otros países y a la prestación de servicios informáticos. En este grupo, que incluye prácticamente a la totalidad de las empresas más relevantes a nivel mundial, pueden distinguirse tres tipos diferenciados: las que son representantes de sus casas matrices con poca generación de valor agregado doméstico, aquellas que elaboran localmente parte de sus productos o proveen distintas clases de servicios, tanto para nuestro país como para el exterior, y aquellas que son proveedoras de servicios de consultoría u outsourcing para el Estado y grandes clientes.

- Un reducido grupo de empresas de capital nacional, proveedoras de servicios, integradoras y/o desarrolladoras de soluciones específicas, con un volumen de operaciones por encima de los \$20.000.000. Estas

---

<sup>8</sup> Parcialmente extraído de "Informe 2005/2006. Situación actual y desafíos futuros de las PyMEs de Software y Servicios Informáticos". Fundación Observatorio PyME, Bs As, abril 2006,

empresas emplean comunmente entre 100 y 500 personas.

- Un numeroso y heterogéneo conjunto de pequeñas y medianas empresas, de capital nacional o mixto, distribuidas aproximadamente en tercios entre empresas de más de 15 años en el mercado, de entre 15 y 5 años, o menor de esta antigüedad, dedicadas al desarrollo local de productos de software, ya sea para el mercado doméstico o externo, y a la provisión de servicios informáticos variados. Estas empresas emplean aproximadamente entre 5 y 100 personas.

Las ventas de estas PyMEs de SSI promedian \$1.800.000 por año. Estas empresas se encuentran jugando un papel de creciente importancia en la dinámica de la economía argentina, ya que su expansión está estrechamente ligada a la masiva introducción de las nuevas tecnologías de la información que van redefiniendo los mecanismos de producción, venta y competitividad de diferentes sectores productivos del país.

En líneas generales, se proyecta a nivel nacional un crecimiento para todo el sector de un 15% durante 2006, lo cual duplicaría las expectativas en alza de la economía argentina (7% según el presupuesto nacional). La inversión de estas empresas (orientada a nueva infraestructura, apertura de nuevos mercados, renovación o ampliación de los productos existentes, y la creación de nuevos centros de desarrollo, entre otros rubros) posiblemente supere los \$500.000.000, llevando a que la reinversión total en el sector supere el 15% de los ingresos.

63

En este contexto, es importante comprender que, si bien la industria ha crecido en los últimos años en un promedio anual superior al 20%, sólo podrá continuar desarrollándose en la medida en que se otorguen soluciones a los nuevos desafíos que amenazan su crecimiento y que necesitan ser afrontados en un futuro inmediato.

Entre los principales retos del sector, sobre todo en lo que concierne a la situación de las empresas pequeñas y medianas, se encuentran: la falta de acceso al financiamiento y la disponibilidad de recursos humanos entrenados. La superación de éstos y otros obstáculos supone llevar a cabo diversas transformaciones tanto a nivel público y privado como académico. Sólo así se le podrá garantizar a las empresas argentinas de SSI las condiciones necesarias para poder aprovechar al máximo las oportunidades que hoy tienen al alcance de sus manos.

Los grupos de I+D universitarios en informática son todavía pocos y débiles. En términos generales, los pocos grupos que han alcanzado una masa crítica razonable se dedican casi exclusivamente a la investigación básica, con muy pocos ejemplos de investigación aplicada rescatable. La cantidad de doctores, si bien muestra una tendencia de crecimiento importante en los últimos 10 años, es aún notoriamente insuficiente para sustentar equipos de investigación sólidos; en la actualidad el número de doctores es alrededor de 100. Por otra parte, los

salarios universitarios –en especial para los jóvenes–, junto con la falta de infraestructura y otras conocidas carencias, dificultan la retención de los doctores e investigadores en general en el sistema académico, al menos en posiciones con dedicación exclusiva.

La relación de estos grupos de I+D académicos con la industria –en particular con la creciente industria SSI– es realmente pobre. Esto se debe a dos causas fundamentales y concurrentes: por una parte, la mencionada tendencia general a la investigación básica, fomentada desde las políticas oficiales –sistema de incentivos, recursos escasos–; por la otra, la demanda, poco exigente desde el punto de vista tecnológico, de la mayoría de las empresas del sector. Esta situación, en lugar de ayudar a revertirla, potencia la cultura tradicional de la ciencia argentina, constituida sobre la base del modelo lineal de ciencia-tecnología-innovación.

El CONICET carga con una deuda histórica respecto de las TIC, que recién en los últimos 4 ó 5 años ha comenzado a reconocer. En efecto, recién en el año 2000 incluyó a la “Informática” como una disciplina en su propio derecho y comenzó a designar investigadores y becarios en esta área. Por otra parte, aquí también se reproduce la tendencia a promover la investigación básica en desmedro de las aplicaciones.

64 Por cierto, la “deuda histórica” no es un dato menor. De hecho, el CONICET, como organismo rector de la ciencia y la tecnología, otorgó una ventaja de al menos 40 años a los países desarrollados y aún a países como Brasil y la India que comprendieron mucho tiempo antes la importancia de las Tecnologías de la Información.

Las empresas del sector TIC en Argentina, salvo algunas excepciones, no han sido históricamente innovadoras ni han volcado recursos a la investigación. Las subsidiarias de empresas internacionales no han instalado equipos de I+D en el país –recién en los últimos años Motorola y muy recientemente Intel han ubicado centros de desarrollo en Argentina, pero no es claro que estos emprendimientos contengan actividades de I+D–; las empresas locales, como se dijo antes, un sector claramente PyME, se ha caracterizado por especializarse en soluciones de gestión y administración volcadas a un mercado interno poco exigente, y sufriendo las políticas y crisis cíclicas de la economía que dificultaron enormemente el desarrollo de proyectos a mediano y largo plazo que requieran componentes de investigación y desarrollo de alguna importancia. Durante la década del 90 algunas empresas locales comenzaron a sistematizar sus desarrollos en función de las exigencias de las empresas multinacionales que se hicieran cargo de los servicios públicos, y luego de la devaluación algunas de ellas y otras nuevas empresas –originadas en el fenómeno conocido como “puntocom”– comenzaron a volcar algunos recursos a actividades de I+D. En ese aspecto, ha sido importante la actividad del FONTAR, y muy recientemente del FONSOFT, como promotor de acciones de investigación, desarrollo e innovación.

En resumen, si bien se observa un crecimiento importante del sector TIC –y muy especialmente del SSI– su sustentabilidad a mediano y largo plazo no está ase-

gurada. Más bien, la situación es la de una oportunidad que puede ser aprovechada, y que entre las condiciones básicas que deben cumplirse se encuentran en primerísimos lugares las de formación de una base de recursos humanos calificados y de un cambio sustancial en las políticas, y las actividades de investigación y desarrollo, tanto en el ámbito académico como empresarial.

### 3.5.2. Perspectivas en Argentina

El Foro de Software y Servicios Informáticos (Foro SSI) convocado por la Secretaría de Industria a fines de 2003, logró convocar a los principales actores empresarios, gubernamentales y académicos y, luego de 9 meses de debate, publicó el “Libro Azul y Blanco” en el cual se propone un Plan Estratégico sectorial de diez años y un Plan de Acción 2004-2007 que se encuentra en ejecución, aunque de manera parcial. El Plan Estratégico 2004-2014 se basa en dos conceptos fundamentales:

- Visión: “Convertir a la Argentina en un actor relevante, como país periférico, en el mercado mundial de software y servicios informáticos”.
- Modelo: Articular políticas públicas, ejecutada en conjunto por el gobierno, el sector privado y el sector académico tendientes a:
  - Transitar un sendero de desarrollo que jerarquice el rol de la tecnología, la innovación y el conocimiento en la generación de ventajas competitivas dinámicas. En ese marco, promover una incorporación y difusión sistémica de las TIC:
  - en los sectores más dinámicos de la economía
  - en las áreas tecnológicas de mayor desarrollo
  - en las áreas sociales claves
  - en los sectores económicos de menor dinamismo para permitir un aumento significativo de su competitividad.
- Promover la investigación, la innovación y el desarrollo en “nichos” tecnológicos de las TIC en los que la Argentina pueda alcanzar competitividad en el corto y mediano plazo.
- Promover agresivamente la exportación de software y servicios informáticos con alto valor agregado nacional.

65

La Visión y el Modelo propuestos deben servir de guías para una mirada prospectiva que permita alcanzar los objetivos generales propuestos. Es necesario para ello focalizar en dos áreas que tengan en cuenta la prospectiva a nivel mundial y las experiencias y potencialidades locales; en tal sentido se proponen dos tipos de focos: Áreas de Aplicación y Áreas Tecnológicas. Las primeras pueden pensarse como “orientadas por el mercado” en un sentido muy amplio –esto es, mercado nacional e internacional, pero también por las necesidades actuales y futuras de la sociedad–; las áreas tecnológicas pueden verse como los “enablers” que posibilitarán la creación de los productos y servicios del futuro. En la próxima sección se discutirán estas áreas en detalle.

Las medidas –31 en total– del Plan de Acción apuntan a avanzar en la concreción de estos objetivos. A posteriori de la publicación del Libro Azul y Blanco varios de los rumbos propuestos fueron corregidos y otros reformulados –formalmente o de facto–. Por cierto, a pesar de que el Foro trató de software y servicios informáticos, muchas de las medidas abarcan a las TIC en su conjunto o al menos parcialmente.

Para el presente trabajo, el mayor interés está concentrado en las medidas que tienen que ver con Investigación y Desarrollo y formación de recursos humanos. En cuanto a los focos de investigación y desarrollo e innovación tecnológica, la convocatoria a ANR 2006 del FONSOFT expresa las prioridades sectoriales, derivadas claramente de las conclusiones del Foro SSI y de las Bases para un Plan Estratégico de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación 2005 / 2015 de la SECYT:

“Videojuegos, Agroindustria, Informática industrial, Bioinformática, Medicina y salud, Telefonía inalámbrica y celular, Internet inalámbrica y móvil, Seguridad, Gobierno electrónico, GIS, Procesamiento de imágenes y señales.”

66 Un fruto importante del proceso desarrollado por el Foro SSI es inminente la creación de la “Fundación Sadosky”, una institución de carácter público-privado cuyo principal objetivo será la creación de Centros de Investigación y Desarrollo en TIC, principalmente orientados a la investigación aplicada y la creación de nuevas soluciones tecnológicas, en estrecha vinculación con las universidades y las empresas del sector. Los Centros a crearse deberán incluir el compromiso explícito de conjuntos de empresas, centros de investigación y gobiernos locales, para el desarrollo de tareas científicas y técnicas en un área de especialización específica, vinculada a las necesidades regionales y las capacidades locales.

Otra iniciativa relevante, del mismo origen, es el Fondo para la Mejora de la Enseñanza de la Informática (FOMENI) cuya actividad principal es la coordinación, planificación y evaluación de la actividad de los distintos organismos públicos y el sector privado, vinculados a la formación y perfeccionamiento de los recursos humanos en un amplio espectro de niveles de capacitación, incluyendo la enseñanza media, la formación profesional, hasta la educación de posgrado. Hasta el momento, participan del mismo la Secretaría de Políticas Universitarias, el Instituto Nacional de Educación Técnica, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Secretaría de Empleo del Ministerio de Trabajo, la Secretaría de Industria y la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos.

### **3.5.3. Una Visión Panorámica de la tecnología hacia el futuro**

En los capítulos siguientes se analizan en gran detalle una buena cantidad de tecnologías y campos de aplicación de las TIC, se desarrolla para cada uno de ellos una prospectiva y se recomiendan acciones concretas para impulsar su crecimiento en Argentina. En este capítulo se presenta muy brevemente un panorama general de los focos tecnológicos más importantes que, previsiblemente,

serán la base de sustentación de las aplicaciones emergentes de las TIC en la próxima década. Así mismo, se han seleccionado cuatro áreas de aplicación (agroindustrias, salud, educación y seguridad) relevantes a escala global, y en especial para la Argentina, resumiendo para cada una de ellas las tecnologías más importantes (enablers) que deben considerarse para su desarrollo. Los resultados obtenidos se presentan en forma de cinco tablas, sin mayor discusión, acerca de sus fundamentos, los cuales pueden encontrarse en los capítulos posteriores. La intención es mostrar de manera sintética el tipo de análisis y los resultados generales que se han obtenido en el estudio prospectivo.

Es muy difícil predecir qué ocurrirá con las TIC en las próximas décadas; la explosión exponencial de Internet en la última década es una muestra de la dinámica de este sector tecnológico así como de la dificultad para predecir su evolución. De todos modos, la tendencia a generalizar la utilización de nuevos productos y servicios derivados de las TIC en todos los ámbitos de la producción, el gobierno y la vida cotidiana de las personas aparece como irrefrenable.

En relación con esta perspectiva, parece claro que los esfuerzos empresarios, gubernamentales, científicos y tecnológicos se orientarán a satisfacer este fenómeno de generalización del uso de las TIC; en los próximos diez a quince años, seguramente asistiremos, entre otros, al desarrollo de los siguientes focos tecnológicos a escala global :

1. Generalización y mejora del espectro de uso, calidad y seguridad de los productos y servicios de comunicaciones inalámbricas móviles. En particular, la generalización de las tecnologías de Internet y creciente orientación a las necesidades de los usuarios.
2. Desarrollos innovativos de "knowledge & content management". Fuerte desarrollo de I+D e innovación y nuevos tipos de negocios en esta área.
3. Fuerte expansión de la industria del software. Especializaciones sectoriales y aumento de la productividad. I+D orientada por "mercados verticales" y complejización del software. Expansión del modelo open source.
4. Desarrollo de la automatización e instrumentación vinculada a la expansión de las "empresas-red on-line", la mecatrónica, la inteligencia artificial, la biotecnología y la nanotecnología
5. Servicios de Telecomunicaciones. Comunicación multimedia en redes inalámbricas de banda ancha. Disponibilidad generalizada de servicios de banda ancha personalizados, sensibles al contexto.
6. Servicios TI. Sistematización y digitalización de los procesos de servicios. Fuerte desarrollo de I+D para obtener soluciones confiables, seguras y compatibles. Nuevos modelos de negocios nacionales e internacionales.
7. Componentes para sistemas inalámbricos y embedded. Componentes para sistemas inteligentes sensibles al ambiente. Electrónica impresa y nuevas soluciones nanoelectrónicas.

Estas siete grandes áreas tecnológicas constituyen el cimiento, en términos de infraestructura y contenidos, para el desarrollo de la una sociedad basada en el conocimiento a escala mundial. En la Tabla I se presentan las áreas tecnológicas mencionadas y las perspectivas a corto y mediano/largo plazo. Previsiblemente, los países desarrollados así como los denominados “emergentes” en el campo de las TIC, ya están invirtiendo fuertemente en I+D en todas estas áreas, o bien, en el caso de los últimos, buscando perfiles de especialización en algunas de ellas. Así por ejemplo, Finlandia busca consolidar su liderazgo en las comunicaciones –especialmente móviles– apuntando a constituirse en la vanguardia en contenidos, servicios, knowledge management, entretenimientos (ver por ejemplo, el proyecto “FENIX” ([www.tekes.fi/english/programmes/fenix](http://www.tekes.fi/english/programmes/fenix)); la India busca mejorar su potente industria del software introduciendo nuevos servicios y mejora de la calidad; Malasia, por su parte, busca consolidar sus avances generando el proyecto estratégico “The Multimedia Super Corridor” (ver [www.msc.com.my/](http://www.msc.com.my/)).

68

América Latina, y la Argentina específicamente, se encuentra ciertamente lejos de la “frontera tecnológica” en casi todas las áreas mencionadas. Es necesario entonces realizar un esfuerzo sistemático en todos los terrenos para superar el atraso y la dependencia tecnológica actuales, esto es, debe formularse una plataforma completa de políticas para desarrollar una sociedad basada en el conocimiento con objetivos y metas hacia el 2020. En este contexto, es central promover un cambio radical en educación, ciencia y tecnología, a la vez que definir estrategias y especializaciones adecuadas que posibiliten aprovechar las oportunidades globales y las capacidades locales. En este sentido, parecen razonables las acciones tomadas por algunos gobiernos latinoamericanos, y el argentino específicamente, de promover la industria del software y sus servicios asociados, incluyendo aquí software embedded, así como promover desarrollos y aplicaciones de la micro y nanoelectrónica, en tanto parecen ser las áreas en las que es factible dar un salto cualitativo en el mediano plazo que posibilite un acortamiento de la distancia; sin embargo, es claro que la selección de estas áreas debe verse como un primer paso en el desarrollo de la gran área de las TIC, sin la cual es imposible la construcción de una sociedad moderna basada en el conocimiento.

De acuerdo a lo discutido en la sección anterior, en términos de investigación, desarrollo y recursos humanos, no parece razonable plantear objetivos del tipo que “Argentina se convierta en un líder mundial en los próximos 10 o 15 años” o que se transforme en un productor neto de alta tecnología, estas cuestiones son definitivamente inalcanzables en tales plazos. La Visión expresada por el Foro SSI parece un objetivo razonable. Una estrategia factible, aunque también condicionada por los vaivenes y discontinuidades reiteradamente mencionados, parece ser la de desarrollar soluciones tecnológicas para algunas áreas de aplicación consideradas de importancia estratégica. La creación y el desarrollo de estas soluciones, además del valor que las mismas tienen per se, deben verse como “plataformas de aprendizaje” para la investigación, el desarrollo y la innovación; particularmente importante en este sentido, resultan ser el desarrollo de proyectos de envergadura orientados a áreas claves de la economía y la sociedad, así como también a oportunidades en los mercados internacionales.

**TABLA 1. PROSPECTIVA DE FOCOS TECNOLÓGICOS PARA LAS TIC.**

<b>Áreas</b>	<b>Corto y Mediano Plazo (&lt;10 años)</b>	<b>Largo Plazo (&gt;10 años)</b>
<b>Productos y Servicios Móviles</b>	Generalización de las tecnologías de Internet en redes y servicios Comunicación móvil; adaptación de los servicios utilizando información local.	Integración "seamless" de productos y servicios inalámbricos con sistemas de banda ancha ubicuos
<b>Servicios de Telecomunicaciones</b>	Comunicación multimedia en redes inalámbricas de banda ancha	Disponibilidad generalizada de servicios de banda ancha personalizados, sensibles al contexto Convergencia de redes y acceso "seamless"
<b>Contenidos y conocimiento</b>	Management de conocimientos y contenidos Publicación y servicios multi-canal. Investigación y desarrollo Nuevos modelos de negocios Negocios internacionales	"Semantic web" - Todos los contenidos fácilmente accesibles a través de cualquier dispositivo
<b>Industria del Software</b>	Especializaciones sectoriales Plataformas abiertas para interfases y productos Código open source Investigación y desarrollo orientada por el mercado Work productivity Redes internacionales de negocios	Software completamente adaptable y compatible Verificación y validación rigurosa
<b>Servicios IT</b>	Sistematización y digitalización de los procesos de servicios. Soluciones confiables, seguras y compatibles. Investigación y desarrollo Negocios internacionales y cooperativos	Modelos de desarrollo abiertos - servicios digitales
<b>Instrumentación y automatización</b>	Desarrollo de la producción en red. Empresas "real-time" Mejora de productividad en varios sectores Métodos inteligentes Redes de sensores "embedded" en el ambiente, pattern recognition, bio-recognition	Redes de factories en tiempo real
<b>Componentes</b>	Componentes para sistemas inalámbricos y embedded	Componentes para sistemas inteligentes sensibles al ambiente Electrónica impresa y nuevas soluciones nanoelectrónicas

Entre las áreas de aplicación, tal como se señala en el primer punto del Modelo del Foro SSI antes mencionado, tienen un lugar principal los conglomerados productivos fundamentales de la economía nacional. En el caso particular de la Argentina, debe pensarse la cadena de valor completa relacionada con el

complejo agroalimentario que sin dudas constituye uno de los pilares de la competitividad nacional. En este aspecto las TIC, pueden constituirse en un enabler de primera importancia para potenciar la productividad y modernizar el sector posibilitando el desarrollo de actividades de innovación, expandiendo el acceso y utilización productiva de las tecnologías, facilitar la llegada a nuevos modelos de negocios, potenciar el crecimiento y la internacionalización de las empresas, introducir y potenciar los conceptos de redes de negocios, orientación al consumidor y knowledge management, y posibilitar nuevos negocios de servicios. Naturalmente, aunque el mencionado es de primera importancia, otras industrias y clusters productivos de importante desarrollo y potencialidad deberían ser tomados en cuenta. También es necesario señalar que la “intersección” de las nuevas tecnologías es clave para la potenciación y modernización de dichos segmentos productivos; en particular, la interacción entre las TIC y la biotecnología es clave para el cluster agroalimentario, pero también los nuevos materiales, nanosensores y nanodispositivos en general están en el futuro de la agroindustria. En la Tabla 2 se resumen los Focos Tecnológicos, clave de mediano y largo plazo, para las aplicaciones de las TIC que pueden contribuir al desarrollo de la Agroindustria y las comunidades rurales.

70

Dos áreas de importancia central desde el punto de vista de la construcción de una sociedad moderna y basada en el conocimiento son educación –en verdad, debiera decirse “educación y aprendizaje”– y salud. La aplicación de las TIC en estas áreas –conocidas como e-learning y e-health– son desafíos de primera magnitud a escala mundial y ciertamente son receptoras de porciones significativas de los presupuestos de I+D en los principales países del mundo. La Argentina tiene una importante trayectoria tanto en salud como en educación desde hace bastante más que un siglo, y ha desarrollado grandes sistemas públicos en ambas áreas, y una tradición científica significativa en el primero de los campos. Estas experiencias, los conocimientos, y las estructuras –aún atravesadas por profundas crisis– que se han construido, pueden y deben ser utilizadas como apoyos para el desarrollo de las TIC en estos sectores; a la vez que estas tecnologías servirán como enablers para la mejora y modernización de estas áreas. En las Tablas 3 y 4 se resumen los Focos Tecnológicos claves de mediano y largo plazo para las aplicaciones de las TIC a la salud y la educación, respectivamente.

Las redes digitales, y notablemente Internet, se han convertido rápidamente en una parte integral de la vida diaria de la economía y la sociedad. A la misma velocidad en la que los individuos y organizaciones se apropian de más y más tecnologías de la información en los servicios y comercio, la información privada se torna más vulnerable y los problemas de seguridad y confiabilidad van ganando relevancia. De este modo, las personas están cada vez más preocupadas –y afectadas– por la creciente complejidad de los sistemas de información y comunicaciones y la proliferación de fuentes de información y técnicas invasivas; en su interacción on-line con los sistemas se encuentran enfrentados cotidianamente con pérdidas de su información personal, y virus, spam, phishing y otros crímenes de creciente severidad y sofisticación. En consecuencia, se encuentran

en la indeseable situación de tener que depositar cada vez mayor confianza en ambientes a los que apenas pueden –o directamente no pueden– comprender o evaluar adecuadamente. Este marco general conspira claramente en contra de la construcción de una sociedad de la información que pueda generar desarrollo, prosperidad y equidad social. En contrapartida, es necesario adaptar las TIC a las necesidades de la economía y la sociedad, y asegurar que se transformen en herramientas útiles para la innovación económica y social. El punto de partida para ello es fomentar la confianza y salvaguardar la seguridad, en un mundo cada vez más interconectado por redes.

La Argentina tiene ciertamente una oportunidad en el campo de la seguridad y confiabilidad, tanto para el desarrollo de soluciones para su mercado local, como para exportar soluciones a porciones importantes y exigentes del mercado mundial; de hecho, esto ha comenzado a ocurrir en los últimos años. Por otra parte, áreas centrales de la seguridad, como la criptología, y la confiabilidad como la verificación y validación del software, pueden ser abordadas en el mejor nivel internacional apoyándose en las capacidades de algunos grupos de investigación básica en ciencias de la computación y en la tradición de una importante escuela matemática. En la Tabla 5 se resumen los Focos Tecnológicos, clave de mediano y largo plazo, para las aplicaciones de las TIC que pueden contribuir al desarrollo de la seguridad y confiabilidad.

**TABLA 2. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS TIC.**  
**DESARROLLO DE LA AGROINDUSTRIA Y LAS COMUNIDADES RURALES**

<b>Drivers</b>	<b>Focos Tecnológicos (&lt;10 años)</b>	<b>Focos Tecnológicos (&gt;10 años)</b>
<b>Infraestructura y adopción de TIC</b>	Desarrollo de infraestructura de comunicaciones (fija y móvil) con cobertura total; servicios de educación agraria, contenidos y regulación gubernamental, difusión de sistemas de diseño industrial y simulación 3-D de maquinaria agrícola, redes y plataformas visuales de interacción a distancia.	Infraestructura integrada y herramientas virtuales para acceso y uso intensivo de información georeferenciada y multivisual; "Rural Living Labs": I+D multidisciplinaria sobre proyectos integrados considerando aspectos multidimensionales.
<b>Agricultura de Precisión</b>	Sensores remotos, DGPS, software embebido, control automático y a distancia en maquinaria e implementos, comunicación móvil, en tiempo real (DSP) y wireless GIS aplicados, modelos de simulación para ensayos, procesamiento de imágenes de alta calidad.	Nanosensores, maquinaria agrícola inteligente: autónoma, homeostática y adaptable a diferentes entornos; teledetección multispectral, estándares de información e interfaces de codificación y cruces de datos de atributos y datos georeferenciados
<b>Agrobiotecnología moderna</b>	Clusters con alta potencia de cálculo para grandes bases de datos, aplicaciones bioinformáticas, modelos y simulación para diseño y ensayos, sistemas de data mining, procesamiento de imágenes de alta calidad, diseño y visión 3-D.	Bioinformática avanzada para agrobiotecnología: uso intensivo de imágenes de alta definición 3-D, bases de datos interactivas, procesadores de data mining con alta potencia de cálculo, pantallas táctiles para diseño e intervención de organismos, analizadores electrónicos de muestras.
<b>Trazabilidad y sinergia de las cadenas de valor agroindustriales</b>	Identificación animal y vegetal por ADN (registros biológicos y receptores genotípicos), localización georeferenciada, sistemas alarma HACCP, control por GPS, sensores, estándares de codificación e interfaces de información heterogénea	Nanobiosensores para control y localización total de fallas, sistemas de información multicompatibles e integrados a las cadenas de valor; unión y ampliación de registros biológicos y productivos para identificación de origen de fallas y rastreabilidad total.
<b>Nuevos modelos de negocios, servicios de calidad y aplicaciones específicas para mejorar eficiencia en las distintas etapas de las cadenas de valor</b>	Sistemas de gestión operativa y económica agropecuaria multiagente, customizables y on-line, con interfaces a distintas fuentes de información y plug-ins; sistemas avanzados de comunicación y información agropecuaria a distancia; analizadores de material orgánico para testeos de muestras in situ, sistemas para cálculos de raciones.	Métodos y modelos para manejo de incertidumbre e información incompleta; soluciones integradas y ubicuas de agro-business; optimización de procesos de producción, materiales tecnológicos resistentes a la intemperie rural; scanners de análisis y monitoreo animal y vegetal con reconocimiento fenotípico y genotípico

**TABLA 3. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS TIC.  
SALUD**

<b>Área</b>	<b>Drivers</b>	<b>Focos Tecnológicos (&lt;10 años)</b>	<b>Focos Tecnológicos (&gt;10 años)</b>
<b>Soluciones de las TIC para la salud (e-health)</b>	<b>Predicción de enfermedades</b>	Informática Biomédica. Data mining, modelos y simulación, visualización	Virtual Physiological Human Imágenes moleculares
	<b>Prevención y tratamiento de enfermedades.</b>	Desarrollo e integración de biosensores. Unidades de comunicaciones, control y procesamiento inalámbricas. Sistemas basados en conocimiento. Algoritmos para apoyo a la toma de decisiones en sistemas portátiles e implantables.	Sistemas Personales para la Salud. Servicios de apoyo a telemedicina basados en sistemas integrados de comunicación fija e inalámbrica. Desarrollo de órganos artificiales portátiles e implantables
	<b>Manejo de riesgos de salud</b>	Registros electrónicos de salud. Técnicas de data mining. Sistemas de reportes de eventos adversos. Algoritmos de evaluación de riesgos. Algoritmos de soporte a la decisión	Itinerarios de Salud.  Herramientas para monitoreo y manejo de riesgos de eventos de gran escala.
	<b>Infraestructura para investigación biomédica y sus aplicaciones</b>	Grid middleware Implementación de infraestructuras para grid computing. Diseño, implementación, reingeniería de aplicaciones grid para biomedicina	HealthGrid
	<b>Nuevos modelos de negocios, productividad y calidad de servicios</b>	Desarrollo e integración de nuevos dispositivos y software.  Integración y compatibilidad de sistemas	Integración "seamless" de productos y servicios inalámbricos para el cuidado de la salud.  Portales para el cuidado de la salud ("Google for Health")

**TABLA 4. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS TIC.  
EDUCACIÓN Y APRENDIZAJE**

Área	Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
<b>Soluciones de las TIC para la educación (e-learning)</b>	<p><b>Drivers socio-técnicos</b></p> <p><b>Necesidad de acceso universal al conocimiento y dominio del conocimiento puesto en acción</b></p> <p><b>Nuevas competencias y habilidades “digitales”</b></p> <p><b>Aprendizaje continuo a lo largo de la vida</b></p>	<p><b>Focos socio-técnicos</b></p> <p>El rol y la contribución de las TIC en relación con los objetivos del aprendizaje del futuro.</p> <p>El impacto de las TIC sobre el conocimiento y las habilidades cognitivas</p> <p>Las relaciones entre e-identidad, autoestima, privacidad y aprendizaje</p> <p>Nuevas formas de aprendizaje a través de la incorporación de las TIC en el trabajo y la vida cotidiana.</p> <p>Las nuevas formas de aprendizaje basadas en las TIC y la inclusión social.</p>	
	<p><b>Drivers Tecnológicos</b></p> <p><b>Generalización del acceso a Internet de banda ancha</b></p> <p><b>Personalización de la información y de conexión en redes interpersonales (Weblogging, SMS, MMS)</b></p> <p><b>Oportunidades para el aprendizaje través de medios digitales móviles: “podcasting” (audio y video)</b></p> <p><b>Disponibilidad de software y contenidos “open source” (Wikipedia, Open Content-UNESCO, etc.)</b></p> <p><b>Nuevos productores de contenidos en Internet con implicaciones claramente educativas (Google Scholar, Google University Search, Yahoo!igans!, o Yahoo! Webguide).Google University Search, Yahoo!igans!, o Yahoo! Webguide).</b></p>	<p><b>Focos Tecnológicos</b></p> <p>Servicios, software y contenidos educativos sobre infraestructuras híbridas y móviles.</p> <p>Convergencia entre contenidos y medios.</p> <p>Contenidos educativos sobre dispositivos multimodales.</p> <p>Interfaces y contenidos para aprendizaje intuitivo y flexible</p> <p>Combinación de ambientes aprendizaje físicos y virtuales</p> <p>Learning Contents Management Systems (LCMS).</p>	<p><b>Focos Tecnológicos</b></p> <p>“Ambient Intelligence”</p> <p>Dispositivos, comunicaciones y software para aprender “en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier forma”</p> <p>Interfaces y contenidos “centrados en las personas”</p> <p>Aprendizajes basados en la experiencia a través de “inmersión” en mundos virtuales.</p> <p>Aprendizaje experimental vía simulaciones generadas por computadoras.</p> <p>“Pedagogic veils”</p>

**TABLA 5. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS TIC.  
SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD**

Área	Drivers	Focos Tecnológicos (<10 años)	Focos Tecnológicos (>10 años)
<b>Seguridad y confiabilidad</b>	<b>Disponibilidad y robustez de infraestructuras heterogéneas.</b>	Certificación de seguridad	Interoperabilidad "seamless" a través de redes heterogéneas (E2E)
	<b>Interoperabilidad en tecnologías y standards</b>	Métodos y lenguajes de especificación rigurosos y formales adecuados	Ambientes centrados en el usuario
	<b>Métodos y técnicas para la mejora sistemática de sistemas.</b>	Políticas de seguridad para la independencia de las redes	Métricas para seguridad
	<b>Seguridad y confiabilidad de SOA (service oriented architectures).</b>	Tecnologías de seguridad para modelos de negocios innovativos.	Algoritmos y métodos semánticos para resguardo y trazabilidad de contenidos
	<b>Tecnologías específicas para seguridad: criptografía y "trusted computing".</b>	Trusted computing, Sistemas operativos y TPMs seguros	Virtualización en el nivel de arquitecturas
	<b>"Empowerment of the stakeholders".</b>	Ambientes verificables para ejecución segura.	Nuevos protocolos "reputation based" para QoS y seguridad
	<b>Standardización de las tecnologías de seguridad y confiabilidad centradas en el usuario</b>	Biometría Métodos de autenticación remotos contra robo de identidad	Binding seguro entre usuarios y dispositivos
<b>Standardización de las tecnologías de seguridad y confiabilidad centradas en el usuario</b>	Protocolos flexibles para mala operación y mal funcionamiento	Desarrollo de nuevo IP con soporte completo para seguridad y movilidad	



# Capítulo 4

---

## Áreas de aplicación

### 4.1. TIC en la industria

#### 4.1.1. Introducción

El uso de TIC tiene un importante rol en la estimulación de la productividad industrial y ofrece un considerable potencial para el crecimiento de las industrias de la “vieja economía”. Sin embargo, poner en acción dicho potencial depende crucialmente de la realización de profundos cambios en la estructura productiva, reorganización de los negocios, desarrollo de capital humano y una estrategia de promoción consistente en las políticas públicas. Estas consideraciones son válidas no solamente para los países en desarrollo sino también para los países más avanzados.

A partir de 1995, las TIC han contribuido a un rápido crecimiento del PIB y de la productividad laboral en un buen número de países desarrollados, particularmente los Estados Unidos. Varios trabajos de investigación han mostrado el impacto de las TIC tanto a nivel industrial como macroeconómico. Estimaciones recientes del Departamento de Trabajo de EEUU (2004) muestran que la productividad del trabajo en el período 1995-2004 fue más que el doble del promedio de las dos décadas anteriores, algunos autores proyectan que esta alta tasa de crecimiento continuará al menos hasta 2010 (Jorgenson et al., 2004). En otros países, entre ellos los nórdicos, algunos asiáticos y la Unión Europea, el impacto de las TIC en el desarrollo industrial y económico ha sido importante, en Latinoamérica aún es una promesa incumplida.

Es muy importante señalar que el impacto de las TIC sobre la actividad productiva no ocurre solo de manera directa o “lineal”, requiere, además de la renovación de los bienes de capital, de profundas transformaciones organizacionales, de management y culturales para que se produzcan los efectos sobre la eficiencia y productividad muchas veces prometidos y no tantas cumplidos. En este sentido, la difusión de las nuevas tecnologías en el entramado productivo no es automática ni homogénea, ni mucho menos se agota con la adquisición de computadoras (incorporadas a bienes de capital o PC de propósitos generales) sino que está condicionada por el nivel de competencias de las firmas y necesita del desarrollo de nuevas capacidades (Yoguel et al 2003). Así, se parte de la idea de que la incorporación virtuosa de nuevas tecnologías en las firmas se ve favorecida por ambientes organizacionales competitivos y que, a su vez, impacta en la forma en que se organiza el trabajo, en las competencias requeridas al personal y en la dinámica ocupacional, así como en los procesos de aprendizaje que se dan tanto al interior de las firmas como en las relaciones que las firmas establecen con otras empresas e instituciones (Novick, Erbes y Roitter, 2006).

Del mismo modo, esta nueva economía o nueva sociedad basada en el conocimiento debe ser entendida como producto de los cambios tecnológicos con la irrupción de las tecnologías de la información en todos los ámbitos de desarrollo económico y humano, pero también como producto de importantes cambios organizacionales (Langlois, 2003). En este sentido, las nuevas tecnologías han habilitado profundas transformaciones en la forma de organizar la producción a nivel global. Estos cambios obligaron a una redefinición de la lógica organizativa de la empresa y de las formas de competencia: se avanzó hacia una forma de organización del capital en red, trama o cadena de valor, que, con la ampliación de los mercados, adquirió rápidamente dimensiones globales. Las nuevas tecnologías permitieron a las empresas ejercer el control a distancia y lograr una descentralización efectiva de la producción y conservar los procesos claves: *core competences* (Prahalad y Hamel, 1990). Pero para que esto fuera posible no sólo hizo falta una mejora sustantiva de los procesos productivos y administrativos sino también una vinculación más estrecha de la información generada en ambos, para poder dar respuesta precisa a las cambiantes condiciones del mercado (aguas abajo y aguas arriba en la cadena de valor). En este sentido, el incremento de la presión competitiva provocado por la globalización de los mercados ha coexistido con formas de creciente cooperación al interior de la cadena productiva, particularmente en la organización de la producción del conocimiento. De tal forma, la empresa como sistema procesador de información que admite reducir la incertidumbre de un ambiente caracterizado por el cambio (Langlois 2003) evolucionó hacia formas más flexibles y vinculadas, acordes con las nuevas condiciones tecnológicas e institucionales.

Expresado sucintamente, y extrapolando a partir de las tendencias en las tecnologías de la información y las formas organizacionales que están emergiendo con el nacimiento del siglo XXI, parece razonable que los siguientes resultados de organización tendrán lugar hacia 2020: (i) convergencia, (ii) descentralización y (iii) virtualidad.

### **Convergencia**

Un subproducto de la aparición de la World Wide Web ha sido una dramática reformulación de la naturaleza de las tecnologías de las comunicaciones. Es habitual y conveniente pensar el teléfono, la televisión, la radio y las WWW como medios de comunicación separados. Algunos de ellos son interactivos (tales como el teléfono), otros aún no lo son (al menos no masivamente, como la TV) ; hacia 2020 estas distinciones serán irrelevantes.

Esta dilución queda muy clara si se observa el movimiento en la industria de las telecomunicaciones en los últimos años (los Elephants Danced). Aún sin que queden claros los resultados finales, gigantes como AT&T y MCI WorldCom han comprado compañías ajenas a sus campos de telecomunicaciones tradicionales, tales como cable, ISP y empresas de medios. El efecto neto de estas fusiones y adquisiciones es la rápida consolidación de estas corporaciones de telecomunicaciones en una nueva infraestructura de comunicaciones –voz, imágenes y

datos—. En 2020, los datos serán predominantemente intercambiados sobre estas redes.

El impacto de la convergencia de las TIC sobre las organizaciones ya está siendo percibido claramente: las corporaciones están comenzando a reconstruirse alrededor de esta nueva infraestructura. En 2020 toda la cadena de valor corporativa estará construida alrededor de esta red, incluyendo proveedores, otras corporaciones y clientes en un contexto de tiempo real.

### **Descentralización**

El cambio organizacional contemporáneo a la revolución de las TIC ya está planteado y sólo puede preverse una profundización e incremento en la descentralización productiva. Con la integración de proveedores, clientes y empresas será imperativo que la autoridad en la toma de decisiones sea relegada a los niveles más cercanos posibles a los usuarios o mercados. La tarea del *management* será crear los flujos de información para monitorear esos intercambios. La velocidad de cambio de las condiciones de contexto requerirá construir una flexibilidad dinámica. En mercados hipercompetitivos la construcción y erosión del ciclo de la ventaja competitiva será breve y crecientemente discontinuo, por lo que será imperativo el desarrollo constante de formas colaborativas de gestión de la cadena de valor.

### **Virtualidad**

La descentralización tiene como correlato la creación de virtualidad dentro y alrededor de la organización. En lugar de estructuras formales rígidas, la virtualidad permite a la organización y sus socios obtener gran flexibilidad para responder rápidamente en contextos caóticos: la principal propiedad de las organizaciones virtuales es su dependencia de una federación de alianzas y asociaciones con otras organizaciones. La práctica de diluir los límites organizativos a través de alianzas y asociaciones ha permitido a las organizaciones virtuales obtener enormes ventajas. Del mismo modo, la imagen se vuelve más importante que otras formas de comunicación y aún más importantes que la misma realidad subyacente, América Online existe solamente en el ciberespacio....

En la siguiente sección se presentan y se discuten el estado actual y las perspectivas de los diferentes segmentos tecnológicos, que se pueden denominar "TIC Industriales", en la medida que su desarrollo y utilización tiene un efecto directo sobre la modernización y productividad de sectores fundamentales de la industria. A pesar de esto, en la mayoría de los casos es muy claro que a partir del impulso de estos focos podrían derivarse el desarrollo de nuevos productos y servicios propios de la "economía del conocimiento", valiosos *per se* y fuente de crecimiento económico.

## 4.1.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo

Se han identificado cuatro focos tecnológicos de importancia que explican en gran medida la inserción de las TIC con la industria global: (i) los Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI)<sup>9</sup>, (ii) la mecánica computacional<sup>10</sup>, (iii) la robótica<sup>11</sup> y (iv) la opto-electrónica<sup>12</sup>.

### *a) Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI)*

En primer lugar, los SEGOTI pueden definirse como un conjunto de elementos tales como procesadores, equipamientos de control, sensores, elementos de accionamiento, controladores, robots, instrumental de medición de parámetros físicos, químicos, etc., y sus terminales agregando sus correspondientes plataformas y aplicativos de soporte lógico (software) vinculados en redes que interoperan con las tradicionales redes “administrativas”. Esos sistemas y sus elementos constitutivos operan sobre los activos fijos y sobre el flujo de producción, analizando asimismo los aspectos comerciales, económicos y financieros de la empresa y de todas las que integran la cadena de valor y toman las acciones necesarias en tiempo real para optimizar el volumen de producción de un amplio abanico de productos, la calidad, las utilidades, el retorno del capital invertido, el uso de recursos de todo tipo y la participación en el mercado.

80 Los sistemas electrónicos aplicados a los procesos técnico-industriales de las unidades productivas y de las cadenas de valor, reciben comúnmente el nombre de TIC industriales. Estos sistemas electrónicos son en realidad sistemas de procesamiento y/o teleprocesamiento, y/o adquisición, y/o sensado de datos, señales, imágenes, voz y mensajes y valores de magnitudes físicas o químicas existentes en las actividades productivas.

En la actualidad estos sistemas ejecutan tareas de supervisión, coordinación, verificación, control, accionamiento, realimentación, corrección, elección limitada de alternativas y decisiones, en forma coordinada, integrada, y sin solución de continuidad entre todas las funciones de las fábricas y empresas. Asimismo integran los aspectos de la producción tales como ingeniería de producto y proceso, calidad, confiabilidad y trazabilidad, y los aspectos comerciales, económicos y financieros referidos a los costos y rentabilidad de la empresa.

Desarrollan también, en sus versiones más recientes sistemas de control y acción colaborativos en las empresas y en las cadenas de valor optimizando el uso de

---

9 Lo referido a este foco resume el aporte del Ing. Zubieta.

10 Lo referido al foco de mecánica computacional resume el trabajo del Dr. Eduardo Dvorkin.

11 En relación de las temáticas actuales y futuras de la robótica en este capítulo se resumen las ideas claves del trabajo del Dr. Mauricio Agnistein.

12 Por último, lo expresado en este capítulo sobre optoelectrónica está extraído del trabajo del Dr. Carlos Rosito.

recursos de todo tipo, los costos y rentabilidades a lo largo de toda la cadena de valor que esté preparada para ello.

El SEGOTI hacen referencia tanto a los elementos de hardware como software necesarios para tal fin e incluye las plataformas de las redes involucradas y de comunicaciones cuando se trata de cadenas o grupos de plantas desplegadas en zonas amplias conformando una suerte de WAN (“Wide Area Network”) de control y accionamiento técnico industrial.

El escenario descrito en la introducción da cuenta de la complejidad del entorno que hoy día enfrentan las empresas, sean estas en las industrias de proceso continuo como en los procesos discretos. Entre los factores que afectan pueden mencionarse:

- Un proceso de desarrollo, diseño, fabricación y aprovisionamiento distribuido globalmente,
- un mercado fuertemente orientado por el cliente y su satisfacción,
- la necesidad de una rápida respuesta y
- colaboración en tiempo real de toda la cadena de la actividad.

El actual estadio de la tecnología SEGOTI en cada uno de los niveles de productos, incluyendo los elementos de SW que corresponden a cada uno de ellos, permite afirmar que todo indica que el actual estado del arte en la materia son los sistemas completos de supervisión, *control y accionamiento de todos los planos referidos a la actividad técnica, industrial, comercial y financiera de una empresa o grupo de empresas.*

81

En ese sentido se exponen a continuación algunos conceptos sobre el mencionado “estado del arte” de los SEGOTI haciendo hincapié en las aplicaciones concretas a la realidad industrial. Estos conceptos se formulan en el marco de las técnicas más importantes de control y operación exclusivamente ya que estas representan el 80% de las instalaciones existentes. Ellas son:

- El sistema de control y supervisión y adquisición de datos (SCADA)
- El sistema de control distribuido (DCS)
- El Sistema Cooperativo de Automación de Procesos (CPAS)

Los mencionados sistemas están, en los primeros 2 casos, formados por una combinación de HW y SW. En el último es un sistema de SW que puede correr en las redes físicas utilizadas por los anteriores.

### *b) Mecánica computacional*

Modernamente definimos la Mecánica Aplicada como la rama de la ciencia aplicada que se ocupa del estudio de fenómenos mecánicos: el comportamiento de fluidos, sólidos y materiales complejos bajo la acción de fuerzas. Pocas disciplinas han tenido mayor impacto sobre el mundo industrializado, posibilitando

el desarrollo de tecnologías en prácticamente todas las áreas relacionadas con nuestra vida, seguridad y prosperidad. La Mecánica Computacional es la subdisciplina de la Mecánica Aplicada que se ocupa de los métodos y equipos computacionales que se utilizan para el estudio de fenómenos regidos por los principios de la Mecánica.

Dentro de las principales temáticas de aplicación de I+D en esta área y de acuerdo al estado de madurez de las mismas, se identifican: (i) temas consolidados y de aplicación directa en la industria, (ii) temas actuales, que requieren de cierta especialización y experiencia para su utilización y (iii) otros que aún se encuentran en etapa de investigación y muestran potencial para aplicaciones futuras.

Entre las temáticas consolidadas pueden mencionarse en primer lugar los **Modelados ingenieriles estándar**, que probablemente sean las aplicaciones hoy más difundidas de la Mecánica Computacional. Esta práctica se ocupa del modelado computacional de estructuras civiles y piezas de máquinas. Estrechamente relacionado con la temática anterior se ubica el **modelado de procesos industriales**. En este caso se trata de simulaciones de procesos industriales con el objetivo de identificar las *ventanas tecnológicas* de los procesos y optimizarlos. En la industria moderna la simulación de los procesos es una herramienta muy extendida y hoy prácticamente imprescindible. El uso de modelos computacionales acorta significativamente los tiempos de desarrollo / optimización de procesos y tienen aplicación en industrias de procesos como la siderurgia, la industria del petróleo y algunas otras ramas de la industria manufacturera.

82

Por su parte, entre las temáticas actuales se ubican los **modelados avanzados utilizados en el desarrollo de productos industriales** y el **modelado del comportamiento microscópico de materiales**. El primer caso trata de la utilización de modelos computacionales para el diseño de un producto industrial y su validación. Normalmente en la validación de un nuevo producto se acepta que los modelos computacionales reemplacen algunos ensayos experimentales pero no a todos. Los ensayos experimentales que se realizan tienen el doble propósito de contribuir a la validación del producto en desarrollo y a la del modelo. El uso de modelos computacionales para el desarrollo de productos industriales acorta significativamente los tiempos de desarrollo y disminuye apreciablemente los costos. La utilización de estos modelos se encuentra en diferentes ramas de la industria manufacturera, especialmente en la siderurgia.

El segundo caso se ocupa del **modelado del comportamiento microscópico de materiales**. En los modelos comentados arriba, el comportamiento de los materiales se forma utilizando los llamados *modelos fenomenológicos*, que son heurísticos cuya única justificación reside en el hecho de reproducir resultados macroscópicos observados en experimentos de laboratorio. En centros de investigación avanzados se están comenzando a desarrollar modelos que simulan el comportamiento de los materiales a partir de primeros principios y formando escalas menores (ej. interacción entre los átomos de una red cristalina, defectos en redes cristalinas, etc.). Estos modelos permiten describir por ejemplo: la

evolución de la textura cristalina durante la embutición de un metal, el efecto de precipitados en el endurecimiento por trabajado de metales, la generación y crecimiento de defectos (dislocaciones, vacíos) durante la deformación de metales, la difusión del hidrógeno en metales y su fragilización. El objetivo es que en algunos años se puedan diseñar materiales utilizando estos modelos. En el desarrollo de materiales nano-estructurados ya se modela el comportamiento de los nano-tubos y el comportamiento de materiales reforzados con nano-tubos en procesos mecánicos y en procesos de transferencia de calor. Entre las áreas de aplicación de este foco tecnológico se pueden mencionar los procesos de galvanización en la industria siderúrgica y el desarrollo de nuevos materiales.

Por último, entre las temáticas que aún se encuentran en etapa de investigación pero que ya se perfilan con importante potencial se ubican: (i) las aplicaciones médicas, ya que actualmente se encuentran en avanzado estado de desarrollo el modelado del funcionamiento del cuerpo humano; incluyendo, el modelado del comportamiento de la estructura ósea lo que facilita el desarrollo de prótesis y el del comportamiento del sistema circulatorio lo que simplifica el desarrollo de dispositivos de ayuda y estimulación a la circulación y ayuda a entender la génesis de diversos problemas circulatorios.

### c) *Robótica*

No es fácil definir qué es un robot. La International Federation of Robotics (IFR) lo define como una máquina multipropósito reprogramable, automáticamente controlada, de tres o más ejes. David Nizan (en marzo de 1985, en el primer número del IEEE Journal of Robotics and Automation) daba una definición tal vez más cercana al objetivo: “el robot es un sistema mecánico de propósito general, que como el ser humano, puede realizar una variedad de tareas diferentes bajo condiciones que pueden no ser totalmente conocidas *a priori*”. El sistema de control que incluye al lenguaje de programación, es la parte más importante y más costosa del robot. La herramienta particular no forma parte del robot propiamente dicho y depende de la aplicación. Una condición necesaria del robot es que sea reprogramable, pero además, exige otras capacidades no tan evidentes a primera vista, y que son consecuencia de las definiciones anteriores. Entre ellas debe destacarse un grado de autonomía relativa en su comportamiento y la característica inherente de su sistema de control, esto es, un sistema de tiempo real.

Las motivaciones para la incorporación de robots en la industria son variadas y están vinculadas tanto a conceptos de productividad, competitividad, así como al carácter social y humano de esta actividad. Entre ellas, las más importantes son:

- Liberar al ser humano de tareas insalubres, pesadas, riesgosas, monótonas.
- Mejorar y asegurar la calidad de los productos, basándose en la consistencia de la actividad del robot que puede repetir una tarea en forma precisa y segura.

- Permitir la incorporación en planta del concepto de manufactura integrada por computadora (CIM).
- Reducir costos y aumentar la productividad en general.

Si bien el impacto de la incorporación de robots en la industria ha sido y será de gran importancia –con la industria automotriz como caso paradigmático– el futuro de la robótica parece que estará liderado por la investigación, desarrollo, innovación, diseño y construcción de robots orientados a servicios y uso personal. Diversas proyecciones predicen que dos de cada tres robots estarán orientados a este último segmento de aplicación.

#### d) Optoelectrónica

En términos generales, la optoelectrónica puede definirse como el estudio, diseño y fabricación de dispositivos que operan convirtiendo señales eléctricas en ópticas u ópticas en eléctricas. Una definición alternativa, establece que trata de dispositivos que responden a potencia óptica, emiten o modifican radiación óptica, o utilizan radiación óptica para su funcionamiento interno, o cualquier dispositivo que funcione como transductor óptico-eléctrico o eléctrico-óptico.

Como ocurre frecuentemente cuando se intenta definir campos disciplinarios tan vastos, surgen algunas discrepancias e indeterminaciones, por lo que es conveniente apelar a definiciones taxativas. En este sentido, podemos presentar listado de temas que la revista *IEE Proceedings Optoelectronics*, de la Institution of Electrical Engineers de Gran Bretaña presenta como pertinentes a la especialidad:

84

- Materiales ópticos y optoelectrónicos.
- Fuentes de luz, incluyendo leds, láseres y dispositivos para iluminación.
- Modulación óptica y multiplexado.
- Fibras ópticas, cables y conectores.
- Amplificadores ópticos.
- Fotodetectores y receptores ópticos.
- Circuitos integrados fotónicos.
- Nanofotónica y cristales fotónicos.
- Procesamiento óptico de señales.
- Holografía.
- Displays.

Aunque este listado no puede considerarse ni único ni exhaustivo, tiene la ventaja de dar una visión panorámica del tema, útil para fines prácticos.

Además de los componentes optoelectrónicos, es enorme la importancia económica de los **sistemas optoelectrónicos** para todo tipo de aplicaciones: **científicas** (medición de magnitudes físicas y químicas), **médicas** (sistemas endoscópicos, sistemas láser para usos médicos y quirúrgicos, cirugía endoscópica, láseres quirúrgicos, oftalmológicos), **industriales** (láseres para corte, soldadura, marcado, tratamientos térmicos, “fast prototyping”, metrológicos, procesos químicos), **meteorológicos** (sistemas láser de sensado remoto de la atmósfera) **militares** (te-

lómetros y altímetros láser, sistemas de guiado de misiles, espoletas lásericas, sistemas de puntería y entrenamiento).

Estos equipos o sistemas incorporan gran valor agregado. En su diseño y construcción aparecen las tecnologías óptica, electrónica y mecánica. Generalmente las series de producción no son excesivamente numerosas pero los equipos alcanzan elevados valores unitarios. Su importancia económica global es muy superior a la de los componentes optoelectrónicos en sí.

### 4.1.3. Mercado Global

A lo largo de los últimos 40 años, la industria manufacturera ha evolucionado a lo largo de cuatro grandes etapas:

- Manufactura de empuje, correspondiente a la producción masiva (década del 70).
- Manufactura de tracción, en correlato con la producción sobre demanda (década del 80).
- Manufactura flexible, que daba respuesta a la variabilidad de productos (década del 90).
- Manufactura cooperativa, a partir de la integración técnica, industrial y comercial (P2B) (2000 en adelante).

En este proceso evolutivo, la generación de nuevos productos y servicios informáticos, estuvo siempre asociada a avances en el campo de los componentes y a partir de hace 50 años de los soportes lógicos, es decir del software, utilizados para hacerlos funcionar conforme a los estándares y especificaciones del proceso de producción.

Las características y tendencias principales del paradigma productivo actual, que se profundizarán en los próximos años, muestran que la cualidad preponderante es la de un proceso integralmente optimizado, en el cual la principal variable de dimensionamiento es la cadena de proveedores "Just in Time", el desarrollo de arquitecturas comunes y preparadas para operaciones globales en todas las líneas de producción y el factor principal de competencia en el mercado es la satisfacción del cliente.

En este marco, el mercado global de estas tecnologías se define como la industria global y siendo las aplicaciones industriales de las TIC extremadamente amplias en esta sección y en las siguientes nos remitiremos a los focos tecnológicos arriba tratados.

*a) El mercado global de los SEGOTI: La demanda actual y futura a nivel internacional*

La demanda de los sistemas SEGOTI se divide en 2 subsegmentos fundamenta-

les: (i) nuevos sistemas en nuevas instalaciones y (ii) potenciación y actualización de sistemas existentes.

La demanda de mayor volumen unitario corresponde a las grandes empresas e instalaciones pero, sin embargo los integrantes de su cadena de valor o bien las PyMEs que forman el tejido industrial representan un mercado relevante inadecuadamente desarrollado.

Sin embargo el dimensionamiento del valor económico de la demanda se puede estimar en función de un determinado porcentaje del valor de las nuevas plantas o de un valor similar del valor actual de plantas que reciben potenciaciones o actualizaciones.

Puede estimarse que entre el 15 y el 25% del valor de las nuevas plantas corresponde a los sistemas de control y accionamiento electrónicos considerando, no solamente el valor de los equipamientos y sistemas sino su instalación, puesta en marcha y proyecto.

86

La demanda mundial del segmento –en términos de facturación– ha crecido desde aproximadamente U\$S 75000 millones en 2003, previéndose U\$S 90000 millones en 2007 y llegando a U\$S 110000 millones hacia 2009. La distribución de dichas cifras, desde 2003 a la fecha y previsiblemente hasta el final de la década, es de alrededor de 2/3 para las industrias de proceso continuo y 1/3 para las de proceso discreto. En cuanto, a la distribución regional, en el mismo período EEUU consume poco más de un 30% tanto en industrias de proceso continuo y un 23% en las de procesos discretos; la UE, Medio Oriente y África, consumen poco menos de un 40% y alrededor de 35% en cada tipo; Asia, alrededor de 11% y 20% respectivamente, y América Latina consume cerca de 5% y 4%, respectivamente. Finalmente, la discriminación entre hardware, software y servicios, muestra la siguiente variación durante el período:

- Hardware: de 58% a 51% para procesos continuos; de 75% a 71% para procesos discretos.
- Software: de 31% a 38% para procesos continuos; 15% para procesos discretos.
- Servicios: 11% para procesos continuos; de 11% a 14% para procesos discretos.

En cuanto a la relación entre nuevas instalaciones y potenciación/mejora de las existentes, la relación es, aproximadamente, 66% a 34% respectivamente.

La demanda de largo plazo –hacia 2020– puede caracterizarse cualitativamente, tomando en cuenta las tendencias del mundo globalizado, la evolución de los mercados y de las tecnologías. Ciertamente, el futuro hacia 2020 muestra una industria conformada por factorías en red “on-line”, con procesos productivos, líneas de distribución y comercialización altamente integradas. En este contexto, la ley de precios decrecientes de los productos electrónicos, junto con una cre-

ciente “comoditización” del software y un crecimiento importante de la modalidad open source, podrían facilitar el acceso y apropiación de sistemas SEGOTI por empresas pymes y microempresas, que debería facilitar la transformación de una estructura de cadenas de valor fijas a una de cadenas de valor variable y configurable.

La previsible puesta en el mercado de nanodispositivos, podría dar lugar a la aparición de nuevos productos, ahora desconocidos, dando lugar a una nueva generación de sistemas SEGOTI, controlando los procesos industriales; naturalmente, esta circunstancia podrá dar lugar a nuevas necesidades de control y operación, y por tanto a nuevos usos.

Algunas áreas tecnológicas clave para la evolución de los sistemas resultan ser: componentes activos integrados del tipo denominado fotópticos, sensores y transductores, arquitectura de sistemas, inteligencia artificial, interfase lógica hombre-máquina y ergonomía, materiales para mecánica estructural, funcional y para componentes.

#### *b) Mecánica computacional: agenda de investigación prospectiva y mercado global*

Sobre la agenda de investigación y aplicación en mecánica computacional discutida más arriba puede perfilarse algunas conclusiones en términos de agenda de investigación y prospectiva tecnológica. Sintéticamente, los temas consolidados y de uso estándar en la práctica ingenieril no requieren la participación de especialistas en el campo. En resumidas cuentas tratan sobre el análisis lineal de ingeniería civil y mecánica. Por su parte, los temas en desarrollo en la academia y de aplicación industrial, actualmente cuentan con la participación de especialistas en el campo y se ocupan del modelado de procesos (en general problemas de multifísica), modelado de situaciones que involucren impacto y dinámica no lineal, modelado de procesos de rotura y daño para encontrar estados de prestación límites de nuevos productos, presas, etc. Por último, los temas de alto potencial para aplicaciones tecnológicas futuras requieren aún de importantes esfuerzos de investigación y sus temáticas principales son el desarrollo de nuevos materiales y las aplicaciones médicas.

Extrapolando el actual estado de cosas y teniendo en cuenta la característica de la elevada velocidad de transferencia academia-industria podemos esperar que en los próximos 20 años:

- Continúen fuertemente en las universidades los desarrollos básicos tendientes a abarcar temáticas no tradicionales y complejos problemas multi-física (ciencias de materiales, medicina, biología, etc.).
- Los desarrollos del hardware (sobre todo en el campo de procesadores más veloces y arquitecturas de clusters) como así también los desarrollos del software permitirán el avance de modelos más complejos y poderosos extendiendo las posibilidades de la simulación atomística y de las aplicaciones médicas.

- Las industrias de punta liderarán el tema y su posibilidad de desarrollo de nuevas tecnologías se acelerará por la aplicación creciente de modelos computacionales debidamente validados.
- Las industrias convencionales se beneficiarán de estos desarrollos y podrán aumentar su competitividad utilizando estas tecnologías de modelado.

De acuerdo con U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics<sup>13</sup> algunos de los temas relevantes para la investigación en mecánica computacional para las próximas décadas serán:

- Diseño virtual.
- Fenómenos multi-escala, incluyendo el paso de modelos moleculares a atómicos y a continuos.
- Selección y adaptación de modelos.
- Computación paralela a gran escala.
- Aplicaciones biomédicas, incluyendo cirugía predictiva, aplicación de la mecánica al estudio de células, arterias, nervios y otros sistemas biológicos.
- Métodos probabilísticas.

Por último cabe mencionar que en este campo el tema de patentes no es fundamental ya que los desarrollos básicos se publican en la literatura abierta.

### Efectos especiales, juegos y mecánica computacional

Desde el punto de vista económico la mecánica computacional representa un negocio de billones de dólares, aún cuando sus efectos implican beneficios de trillones para la industria y la sociedad en general.



Numerosas empresas pequeñas y medianas participan del mercado generado en torno del desarrollo de software y servicios asociados con este negocio a escala global.

En el número de abril de 2007 de la newsletter Computing de la ASME, se informa que el ganador del último Oscar en el rubro los “efectos especiales” correspondió a la película “Piratas del Caribe” (Foto), en cuyo desarrollo se utilizaron las técnicas y modelos de la mecánica computacional y de fluidos; de hecho, algunos otros films famosos han utilizado estas técnicas para sus efectos especiales (Poseidón, StarWars, entre otros).

Esto significa participar en un mercado de billones de dólares al año y una oportunidad de generar negocios y servicios para los especialistas en me-

<sup>13</sup> U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics, “Research Directions in Computational Mechanics”, September 2000.

cánica computacional. Utilizando los mismos conocimientos y técnicas es posible generar negocios en otra industria en pleno desarrollo. Actualmente, la industria de los videojuegos se ha transformado en una rama central de la industria de entretenimientos y ha superado a la del cine desde 2005. Según varias fuentes<sup>14</sup>, el negocio de software para entretenimiento alcanzó los U\$S 18 billones en 2005, con ganancias de U\$S 13.05 billones. El mercado de entretenimientos interactivos ha llegado a los U\$S 28.5 billones aunque algunas estimaciones hablan de U\$S 35.3 billones y la predicción para 2007 es de U\$S 50 billones (es decir, el software habrá alcanzado aproximadamente U\$S 40 billones). Un verdadero desafío y una oportunidad para trasladar resultados de la mecánica computacional a nuevos tipos de industrias y negocios.

### c) Mercado Global de la robótica

El desarrollo de la industria de robots a lo largo de las últimas décadas, a escala global, puede comprenderse en términos de la competencia entre las tres grandes potencias, Japón, EEUU y Europa. El siguiente cuadro sintetiza lo ocurrido:

#### TENDENCIAS GLOBALES EN LA INDUSTRIA DE ROBOTS

	Japón	EEUU	Europa
<b>1980's</b>	Auge de los robots industriales	Utilidad y aplicación: el 7% en comparación con Japón	Aceleración en la industrialización de robots
<b>1990's</b>	Reducción por caída en los negocios	Tasa de crecimiento récord (32%)	Utilidad y aplicación: el 20% en comparación con Japón
<b>U2000~</b>	Repunte en las ventas	Estapa de estabilización	Expectativas de utilidad y aplicación del 200% en comparación con Japón

Fuente: elaboración propia sobre la base de UNECE Press Release (2002)

En términos de robots instalados a escala global, la tabla siguiente indica la distribución por continentes. Cabe mencionar que la distribución al interior de cada continente se encuentra concentrada en algunas pocas potencias industriales: Así, EEUU, contribuye con 115.283 unidades a la cantidad correspondiente a América; Japón con 356.483 a Asia/Australia; Alemania con 120.544 unidades a Europa.

<sup>14</sup> DFC Intelligence Releases New manufacturers. Based on simulations, various scenarios. Market Forecasts For Video Game Industry, DFC-Intelligence (ver <http://www.dfcint.com/news/prjune2005.htm>).

## DISTRIBUCIÓN DE ROBOTS INSTALADOS POR CONTINENTE

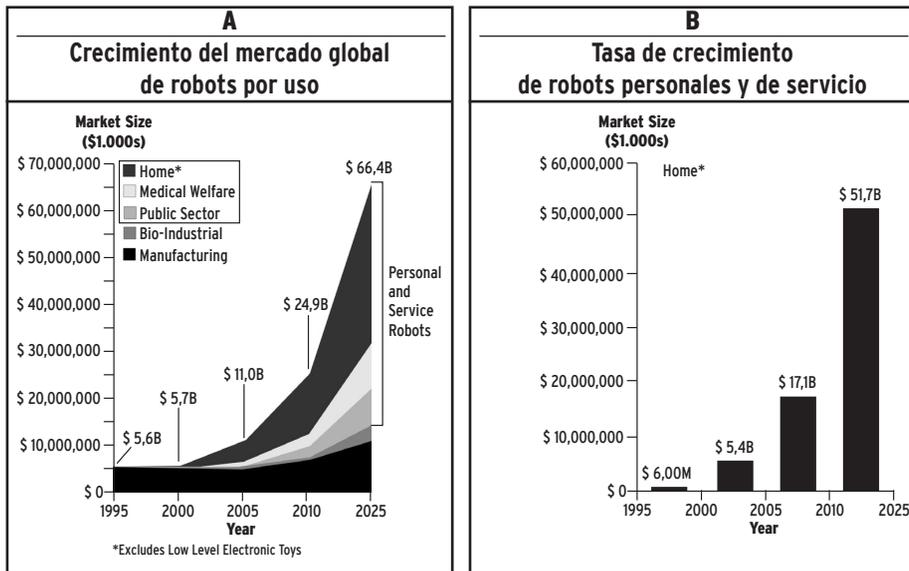
	Instalados en 2003	Instalados en 2004	En operación a fines del 2004
América	12.957	13.674	125.235
Asia/Australia	40.579	52.311	443.193
Europa	27.832	29.296	278.906
Sudáfrica	108	87	430
<b>Total</b>	<b>81.476</b>	<b>95.368</b>	<b>847.764</b>

Fuente: elaboración propia sobre la base de UNECE Press Release (2002)

De acuerdo con la Japan Robotics Association, IFR y UNECE, se prevé un crecimiento extraordinario del mercado de robots de servicios y personales en los próximos veinte años, a tasas muy superiores a los destinados a manufacturas; en especial los dedicados a cuidados médicos y a tareas en el hogar, representan un segmento creciente y cada vez más importante de la industria. Por otra parte, según estas mismas fuentes, es la industria japonesa –y en menor medida la coreana– la que aparece liderando el mercado de los robots de servicios y personales.

## CRECIMIENTO EN EL MERCADO GLOBAL DE ROBOTS

90



Fuente: JRA, UNEC y IFR

Hasta comienzos de los 70s, a los robots se les enseñaba a realizar una tarea guiándolos a mano a través de una secuencia de posiciones-objetivo, que eran recordadas en una memoria digital. La ejecución de la tarea consistía en repetir el movimiento pasando por las posiciones aprendidas, y se lograba servo-con-

trolando cada uno de los ejes del robot. Todas las posiciones-objetivo debían estar definidas de antemano en forma precisa y absoluta. La aplicabilidad del robot dependía de que se cumpliera esta condición, cualquier modificación, (por ejemplo: en la herramienta a utilizar, en la ubicación de las piezas a manipular o en la forma de tomarlas) requería volver a reprogramar toda la tarea (enseñar nuevamente todos los puntos).

A partir de 1970 comienza a desarrollarse *la segunda generación de robots* con el diseño del robot Stanford y el lenguaje de programación WAVE<sup>15</sup>. Fue un aporte clave para la robótica, referencia fundamental para poder evaluar la calidad de los controladores y poder comparar prestaciones de distintos robots. De esta forma se dio inicio a la era de los controladores de robots basados en computadoras, elevando los estándares de performance y permitiendo una descripción simbólica de la tarea basada en estructuras matriciales y coordenadas cartesianas. En 1973 se lanzó el primer robot industrial controlado por computadora, llamado T<sup>3</sup> (The Tomorrow Tool), y hacia fines de los '70, el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) usando VAL, en un proyecto financiado por General Motors. Este último fue el robot más avanzado y especialmente popular en las universidades y centros de investigación durante más de 10 años y todavía puede encontrarse en muchos laboratorios de robótica del mundo. V<sup>+</sup> sucesor del VAL, sigue siendo hoy en día, el lenguaje y sistema de control más avanzado.

La década de los '80 –como se mencionó al comienzo– estuvo caracterizada por un marcado estancamiento en la venta de robots. Como consecuencia de ello numerosas empresas desaparecieron, se produjeron grandes pérdidas y fusiones; de allí emergieron algunos de los líderes actuales del mercado de robots, como el caso de la sueca ASEA –hoy ABB– que basada en una estrategia de largo plazo, apropiación de *know-how* y de investigación y desarrollo propio se convirtió en líder de ventas a escala global.

Hoy en día en los robots se utilizan efectivamente alrededor de 20 diferentes tipos generales de procesos, que son comunes a una amplísima variedad de ramas industriales, por no decir a casi todas, y con variaciones importantes dentro de los mismos procesos según la aplicación particular. Podemos mencionar: soldadura por arco, puntos o láser, aplicación de pinturas y esmaltes, aplicación de adhesivos y selladores, pulido o desbarbado, forja. Estampado o doblado, montaje y desmontaje, corte por láser, chorro de agua o mecánico, fundición, moldeo por inyección, carga y descarga de máquinas en general, inspección y control de calidad, manipuleo y palletizado, distribución de mercaderías, etc.

La industria automotriz tiene una diferencia muy significativa con todas las demás, y una característica singular: la densidad de robots en los distintos países se mantiene dentro del mismo orden, mostrando que el nivel tecnológico de la industria automotriz es bastante homogéneo en el mundo. Japón e Italia están a la cabeza con 1.600 robots por cada 10.000 operarios. Luego siguen: Alemania

---

15 Este lenguaje es al mismo tiempo: sistema de control, sistema operativo y lenguaje de programación de robots, ya que estas funciones están íntimamente relacionadas entre sí.

con 1.140, Francia con 1.030, España con 870, Estados Unidos con 800, Reino Unido con 680, Suecia con 610. Esto es, que la tendencia muestra una densidad de 1 robot por cada 10 trabajadores en esta industria.

La utilización de robots a escala global, hacia finales de 2004, muestra la siguiente distribución por tipo de aplicación e industria:

- América del Norte (USA, Canadá, México)
  - Por aplicación:  
El 49% del total estimado de robots en operación a fines de 2004 trabajan en tareas de soldadura. En operaciones de manipuleo y atención de máquinas hay instalado un 33%. En aplicaciones de montaje un 6% y en pintura/aplicación de adhesivos/selladores otro 6%.
  - Por industria:  
La industria automotriz recibió el 64% de los robots que se instalaron en el 2004. La industria metalúrgica recibió el 10%, seguida por la industria alimenticia con el 5% y la industria eléctrica/electrónica con el 4%.
  
- Asia/Australia
  - Por aplicación:  
Montaje y desmontaje 25%, Manipuleo y atención de máquinas 28%, Soldadura (por arco, por puntos, láser, otras) 21%
  - Por Industria:  
Automotriz 34%, Química, plástica, goma 10%, Maquinaria eléctrica, componentes, semiconductores 14%, Maquinaria y equipos 6%, Radio, televisión, equipos y aparatos de comunicación 6%
  
- Europa
  - Por aplicación:  
Manipuleo y atención de máquinas 44%, Soldadura (por arco, por puntos, láser, otras) 30%, Montaje y desmontaje 5%
  - Por Industria:  
Automotriz 50%, Química, plástica, goma 12%, Metalúrgica 8%, Maquinaria y equipos 5%

92

A pesar de esto, los robots para tareas de servicios no sólo constituye una nueva área de aplicación sino que se perfila como el área que provocará el mayor crecimiento de este foco tecnológico en los próximos años.

### **Nuevas aplicaciones: Robots para tareas de servicios**

La definición y clasificación preliminar de la IFR para los robots de servicios es la siguiente. Es un robot que opera en forma totalmente autónoma o con mínima intervención humana, para realizar tareas útiles para los seres humanos y equipos, excluyendo operaciones de manufactura. En la tabla siguiente se presenta

un esquema de clasificación y acompañamos algunos ejemplos, ya que no se trata de máquinas de propósito general.

### CLASIFICACIÓN DE ROBOTS DE ACUERDO AL TIPO DE SERVICIO

Tipo de servicio	Nombre	Fabricante	Tareas que realiza
<b>Humano</b>	Care-O-Bot MANUS-arm AIBO	Fraunhofer IPA Exact Dynamics Sony	Ayuda a discapacitados y ancianos en el hogar Silla de ruedas con manipulador liviano Humanoide, entretenimiento para niños
<b>Servicio de equipos</b>	HACOmatic	Kansas y Toshiba Hako-Weke	Inspección y limpieza de cañerías Aspiración y limpieza de grandes superficies
<b>Otras funciones</b>	Spimaster HelpMate Spray	Cybermotion HelpMate Robotics  U. Carnegie Mellon	Vigilancia y seguridad Transporte medicamentos y otros en hospitales Submarino autónomo/ mediciones científicas Helicóptero auto-piloto
<b>Medicina</b>	ROBODOC Neuromate	Integrated Surgical Systems	Manipuladores robóticos para asistir al médico en operaciones ortopédicas y neurológicas

Fuente: elaboración propia sobre la base a información IFR

Los robots para tareas de servicio constituyen un mercado de muy rápido crecimiento. ¿Veremos a corto plazo robots en nuestros hogares? Tal como se mencionó al comienzo, el mercado de los robots para servicios industriales y personales crecerá muy por encima, en términos absolutos y relativos, del mercado de robots para manufacturas.

Las ventas de robots para cortar el césped se incrementan muy rápidamente, con 46.000 unidades en funcionamiento en todo el mundo a fines del año 2004. Los robots para limpieza por aspiración, que se introdujeron en el mercado en el 2001, ya llevan vendidos más de un millón de unidades. Una cantidad cercana al millón se ha vendido también de robots “mascota” o juguetes, y es un mercado de muy fuerte crecimiento. Existen además operando más de 5.000 sistemas robóticos para trabajar bajo el agua. Robots para limpieza de grandes recipientes, y para la construcción y demolición de edificios, se estima que ya existen en el mundo más de 3.000 unidades de cada una de estas aplicaciones. Robots con aplicación en medicina, para asistencia en cirugías y atención de discapacitados, aproximadamente 2.800. También hay alrededor de 2.250 robots en tambos

para tareas de ordeño, y alrededor de 1.180 robots en actividades de rescate, vigilancia, seguridad y defensa.<sup>16</sup>

## Prospectiva de desarrollo de la tecnología robótica al 2020.

La robotización de más y más ramas de industrias y servicios aparece como un dato incontrastable hacia el futuro. Sin embargo la historia de los últimos 20 años de la robótica industrial aparece como un cuento de “promesas incumplidas”. Las dificultades tecnológicas pueden cargarse con una parte de la culpa, pero sin dudas las de carácter extratecnológico han sido las principales trabas objetivas para el crecimiento, difusión y aceptación de esta tecnología. La alta concentración en la industria automotriz posiblemente la haya sesgado hacia sus propias necesidades. Las expectativas creadas por la Inteligencia Artificial –al igual que en muchas otras áreas– no encuentra hasta el momento las evidencias necesarias para creer que puede ser un enabler fundamental para el desarrollo de la disciplina. Es necesario entonces desarrollar una intensa investigación, no solamente científica y tecnológica, para hacer ciertos los pronósticos de crecimiento en esta rama de la tecnología.

### El dilema de la robótica industrial

¿Cuál es posiblemente el motivo fundamental de este retraso? Según Åke Madesäter, (“Is the robot industry too focused on the automotive industry?” CimSkill AB, Suecia, 2005): “La fabricación de los robots industriales está muy condicionada por el sector automotriz y sus proveedoras. Los fabricantes de robots deben tener siempre su atención centrada en no perder sus grandes órdenes de compra. El resto de las industrias, por consiguiente, se han visto desatendidas de alguna manera y puede decirse que están sub-automatizadas, sobre todo, las pequeñas y medianas industrias. Estudiar la factibilidad de robotizar una tarea lleva un tiempo enorme y es imposible que una proveedora de robots disponga del personal necesario para atender siquiera una mínima proporción de las posibles consultas de pequeñas empresas interesadas, aún con ayuda de empresas consultoras. Sin embargo, esas pequeñas y medianas industrias requieren automatizarse para mantener su competitividad y hacer viable su negocio hacia el futuro”.

## Temas de investigación en robótica

La mayor parte de los componentes de hardware en un robot industrial no son exclusivos de la robótica (por ejemplo, los actuadores de los ejes, los reductores de velocidad, los rodamientos, materiales y otros componentes mecánicos). Los sensores básicos internos del robot, de posición y velocidad: pueden ser digitales

16 En <http://www.domainnesteggs.com/Robotics%20I.htm> y <http://www.domainnesteggs.com/Robotics%20II.htm> se puede encontrar un listado de cientos de robots para diferentes usos con sus respectivos “índices de popularidad” y precios de venta. También existe un amplio mercado de reventa de robots usados.

(codificadores ópticos incrementales o absolutos), o analógicos (resolvers). Los microprocesadores que utiliza el controlador, el sistema de potencia, los sensores externos típicos con los que puede interactuar el robot: de fuerza/torque y de visión, etc. tampoco son exclusivos para ellos. Todos son componentes importantes que hacen a la calidad de las prestaciones y por lo tanto son cuidadosamente seleccionados y en algunos casos elaborados por los mismos fabricantes de robots, pero no forman parte de los temas usuales de investigación en robótica. Podríamos mencionar una excepción importante a esta regla, y es el tema de las transmisiones, especialmente en lo referente a las *muñecas* de robots.

En cambio, la investigación perteneciente específicamente al ámbito de la robótica estudia básicamente los siguientes temas:

- Análisis cinemático de mecanismos de robots, cadenas abiertas, en árbol, cadenas cerradas y estructuras paralelo.
- Dinámica de robots.
- Generación y planificación de trayectorias, navegación.
- Manipulabilidad y redundancia en la manipulación.
- Control de posición de robots.
- Control con acomodamiento y control de fuerzas.
- Control servovisual.
- Lenguajes de programación, software de tiempo real.
- Robots móviles con ruedas.
- Máquinas caminantes.

95

La línea de separación entre investigación básica y aplicada en robótica es difusa. El mismo software o algoritmos relacionados con un tema supuestamente teórico, termina de una u otra manera formando parte de los sistemas aplicados y ejecutándose en tiempo real a los controladores. Por otro lado, aún en las aplicaciones concretas, las soluciones a un problema real pueden contradecir y hasta sorprender a quienes desarrollaron el equipo.

El proyecto *EUROP* sostiene que los requerimientos de las nuevas aplicaciones y tipos de sistemas emergentes introducen nuevos desafíos de I+D en esta área, algunos mencionados en el párrafo previo, enumerando la siguiente lista de temas de I+D<sup>17</sup>:

**Actuadores:** El advenimiento de los robots de servicios, microrobots y redes de robots pueden requerir nuevos principios de actuación. Se han sugerido alternativas tales como actuadores piezo-eléctricos (microrobótica), termomecánicos, microfluidos, motores electrohidráulicos, etc.

**Brazos robóticos:** Diseñar nuevos sistemas con una razón weight/payload mucho menor (preferiblemente del orden de 1). Esto requiere una aproximación radicalmente nueva al diseño, el uso de nuevos tipos de materiales avanzados, nuevos actuadores, etc.

---

17 Prospectiva de I+D para robots de servicios (Proyecto EUROP, 2005)

**Manipulación (Grasping):** Para robots de servicios, especialmente domésticos, el nivel de integración necesario en términos de mecanismos, motor y electrónica está al menos en un orden de magnitud más allá de la tecnología actual. Existen prototipos iniciales pero son necesarios los avances significativos en software y control.

**Locomoción:** Se trata obviamente del mayor desafío técnico, al menos en relación a los robots de servicio para el uso doméstico. Existe una gran variedad de soluciones entre la utilización de ruedas y robots bípedos, tales como robots multi-ruedas hasta cuadrúpedos y hexápodos.

**Sensores:** Disponibilidad comercial de sensores 3D a bajo costo; sensores embebidos tanto táctiles como no táctiles (pieles artificiales, por ejemplo). Sistemas de sensado que permitan el reconocimiento de objetos arbitrarios con técnicas de entrenamiento sencillas.

**Cognición:** Es necesario dotar a los sistemas con funciones cognitivas de alto orden que permitan el reconocimiento del contexto, el razonamiento acerca de acciones, alto grado de diagnóstico de errores y recuperación ante fallas. Tal flexibilidad solamente puede obtenerse a través de técnicas avanzadas de inteligencia artificial y sistemas cognitivos.

96 **Computación y comunicaciones:** Además de los avances en poder de cómputo, los avances en campos de biocomputación (brain-like, DNA computing, etc.) llevarán en el largo plazo a sistemas cognitivos y de inteligencia artificial de calidad superior.

**Interfaces multimodales intuitivas:** Deberá desarrollarse interfaces específicas para instrucción de robots tales como reconocimiento gestual robusto, haptic displays, o a un sistema de acceso cerebral no invasivos.

**Diseños modulares:** Deberá avanzarse en el desarrollo de un layer middleware estandarizado que permita extensiones a través de la evolución de componentes funcionales o de mayor valor agregado (funciones de TI, por ejemplo), y avances en standards y prácticas para una configuración y ensamblado de nuevas líneas de productos.

**Confiabilidad:** Será uno de los mayores desafíos de I+D en sistemas robóticas para servicios, abarcando desde arquitecturas hasta las componentes funcionales de clave y diseño. Junto a esto es necesario indicadores o benchmarks para medir performance específicas, comportamientos y ejecución de tareas en escenarios de testing relevantes.

#### d) El Mercado Mundial de la Industria Optoelectrónica

El documento *Future Vision of the Optoelectronics Industry*, publicado en 2004 por Optoelectronic Industry and Technology Development Association de Japón, presenta una estimación del volumen en el mercado de la industria optoelectrónica en 2010 y 2015 basada en las tendencias de una variedad de productos en diversos campos. Los analizados son los siguientes ocho: infocomunicaciones, memorias ópticas, displays/iluminación, input & output, energía óptica (solar), sensores de ambiente, cuidados médicos y bienestar. Para las estimaciones de mercado se realizaron proyecciones en 4 grandes regiones de Japón, Norteamérica, Europa y otros. El resultado obtenido indica que el tamaño del mercado estimado de la industria optoelectrónica era de alrededor de U\$S 240.000 millones (29 trillones de yens) en 2002, y será de U\$S 480.000 millones (60 trillones de yens) en 2010 y U\$S 800.000 millones (107 trillones de yens) en 2015. La tasa de crecimiento anual promedio entre 2002 y 2010 resulta de 9,5%, en tanto la del 2002 al 2015 es de 10,5%, lo cual indica que la tasa de crecimiento será más acelerada luego de 2010.

Las tasas de crecimiento así estimadas presentarán lo siguiente:

- **Distinciones entre productos que usan tecnologías existentes y nuevos productos:** Los productos utilizando nuevas tecnologías comprenderán alrededor del 22% del total en 2010, y alcanzarán hasta el 37% en 2015. Las tasas de crecimiento para esos productos, al mismo tiempo, serán de alrededor del 25% entre 2010 y 2015, y ellos serán los drivers del mercado.
- **Distinciones entre mercados regionales:** Entre las cuatro regiones consideradas, Norteamérica y Europa serán los mercados más importantes, en tanto que Japón será la más pequeña. Los "otros" crecerán rápidamente en los próximos años pero no alcanzarán el tamaño de Europa sino hasta 2015.
- **Distinciones por campos de aplicación:** Las áreas displays/iluminación, info-comunicaciones, input&output y memorias ópticas representan  $\frac{3}{4}$  del mercado total. La tasa de crecimiento es alta en las áreas de cuidados médicos/bienestar, energía óptica, seguidas por telecomunicaciones.

97

#### Estado de Situación Actual de la Tecnología

Dentro de la optoelectrónica conviven áreas provenientes de la electrónica, de la óptica y de la física en general. Algunos temas están en las etapas de investigación básica, en tanto que otros constituyen tecnologías con alto grado de madurez. En lo que sigue, a efectos de sistematizar la presentación, tomaremos como guía el listado presentado anteriormente, con leves modificaciones.

#### Materiales Ópticos y Optoelectrónicos

La investigación relacionada con los materiales ópticos involucra cuestiones tan diversas como el estudio del estado vítreo, la cristalografía, las propiedades ópti-

casos de semiconductores y la química de polímeros. Destacaremos dos casos que juzgamos de gran importancia y proyección:

- Films y ventanas de diamante obtenidos por CVD (Chemical Vapor Deposition). Posee gran cantidad de aplicaciones en alta tecnología tales como sustratos disipadores de calor para diodos láser, detectores de radiación, fotodetectores, emisores y componentes microelectrónicos. Al presente están en pleno desarrollo mejoras en métodos de fabricación y purificación, así como estudio de propiedades con diferentes dopantes.
- Materiales fotosensitivos que permiten la formación o “grabado” de filtros ópticos, redes de difracción u otros dispositivos optoelectrónicos por medio de la irradiación de apropiadas distribuciones de intensidad óptica. Un ejemplo importante de estos materiales son los vidrios calcogenuros.

### **Nanofotónica y Cristales Fotónicos**

Los llamados cristales fotónicos presentan gran interés desde el punto de vista de la investigación básica. La riqueza de fenómenos asociados puede inferirse por analogía con el enorme cuerpo de teoría y aplicaciones de la electrónica del estado sólido. Desde el punto de vista de las aplicaciones, aparece la posibilidad de **diseñar** la estructura periódica a fin de lograr comportamientos específicos dado para un fin. Puede hablarse así de “ingeniería de índice de refracción”.

98 En cuanto a las aplicaciones, una de las más prometedoras es la fabricación de componentes miniaturizados para circuitos de óptica integrada o PIC (Photonic Integrated Circuits). Se han implementado, diversos tipos de guías de onda ópticas, curvas, bifurcaciones en Y, acopladores, etc. en distintos materiales semiconductores, así como cavidades ópticas para láseres, estructuras para mejorar el rendimiento óptico de LEDs, microantenas, y fibras ópticas fotónicas.

### **LEDs, Láseres y Dispositivos para Iluminación.**

Los diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diodes) se basan en el fenómeno de luminiscencia, que fundamentalmente consiste en la emisión de luz en semiconductores al recombinarse en pares de electrón laguna, que han sido convenientemente inyectados por el pasaje de una corriente eléctrica.

Tomando en cuenta los avances actuales y previsibles de estas tecnologías, y haciendo hipótesis razonables acerca del rendimiento y composición del conjunto incandescente-fluorescente en uso actualmente, se puede afirmar que la iluminación por LED es del orden de 3 a 4 veces más eficiente. En promedio, un país consume alrededor del 20% de la energía eléctrica generada en iluminación, por lo que un aumento de la eficiencia de 50 a 150 Lumen Watt reduciría la energía consumida en iluminación a la tercera parte, **con un ahorro global del 13% de la potencia total generada por el parque energético**, con los obvios beneficios económicos y ambientales que ello representa. Adicionalmente, la vida útil es ya muy superior a la de las lámparas incandescentes y las fluorescentes.

Aparte de los LED de juntura semiconductor está en pleno desarrollo una variedad de alternativas diferentes. En la última década se ha demostrado la factibilidad de los LED orgánicos u **OLEDs** (Organic Light Emitting Diodes).

Una ventaja fundamental de estos dispositivos es que pueden producirse en grandes áreas y a costos relativamente bajos. En algunos casos la eficiencia luminosa alcanza 19% y ya supera la de las lámparas incandescentes. Las grandes áreas obtenibles con esta tecnología posibilitan displays en todo tipo de productos de electrónica de consumo, industrial, médico, etc.

Por su parte, el láser a partir de su aparición en 1960 ha pasado de ser “una solución en busca de un problema” a tener relación o aplicaciones relacionadas con prácticamente todos los aspectos de la vida moderna. Desde el punto de vista de su importancia económica, los láseres de diodos semiconductores superan a todos los demás tipos de láseres juntos, tomando el orden del 60% del mercado total global de láseres es aproximadamente U\$S 6000 millones anuales.

Los láseres semiconductores son el componente central de una gran variedad de productos tecnológicos de consumo, industriales, médicos y militares tales como, impresoras, dispositivos quirúrgicos, de puntería y telemetría, de medición, alarmas, etc. Sus aplicaciones económicamente más importantes tienen lugar en dos áreas: almacenamiento de datos en reproductores y grabadores de CD y DVD y en comunicaciones ópticas, dado que son el emisor básico en los sistemas de fibras ópticas. El mercado de diodos láser en sus distintas variantes alcanza ventas globales de aproximadamente U\$S 3600 millones.

99

Entre las aplicaciones más novedosas, basadas en la idea de aumentar la potencia por apilamiento de varios dispositivos, se encuentran el procesamiento de materiales (corte y soldadura, tratamientos térmicos), procedimiento quirúrgicos (dermatología, remoción de tatuajes, cirugía general, cosmetología, remoción de cabello), marcado de productos directamente sobre metales, plásticos, madera. La ventaja sobre otros láseres es su alto rendimiento, que puede llegar a más del 50%, compacidad y la posibilidad de emitir en longitudes de onda cada vez más cortas, lo cual mejora la precisión en cortes, perforaciones, marcado, etc.

Por último, una aplicación que cobra cada vez mayor significación es el bombeo óptico de láseres sólidos o DPSS (Diode Pumped Solid State), aptos para aplicaciones tan variadas como cirugía, reprografía, trampas de luz, interferometría, bombeo de osciladores ultrarrápidos, pinzas láser, y todo tipo de aplicaciones científicas.

Además de los diodos semiconductores, existe una importante variedad de láseres cuya aplicación está muy difundida. En la tabla siguiente se enumeran los más importantes.

## TIPOS DE LÁSERES MÁS DIFUNDIDOS

Láseres sólidos	Gaseosos y de vapores metálicos
De metales de transición Cr <sup>3+</sup> De tierras raras Nd <sup>3+</sup> y otros. De centros de color	De dióxido de carbono Excímero (KrF XeF) De vapores metálicos (Cu, Au) De Helio Neón De Helio Cadmio Iónicos de Argón y Kriptón De infrarrojo medio bombeados ópticamente (NH <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) De infrarrojo lejano (HCN, H <sub>2</sub> O)

El volumen total del mercado de estos láseres es de aproximadamente U\$S 2400 millones, aunque en ellos no figuran desarrollos especiales encarados por universidades u organismos de I+D ni sistemas de defensa.

Además de los dispositivos mencionados más arriba, que podemos considerar basados en tecnologías maduras, debemos agregar una gama de temas de investigación y desarrollo muy activos, con aplicaciones potenciales muy variadas, que tienen apoyatura en las ciencias básicas, especialmente la física cuántica y relativística. Entre los más relevantes se puede mencionar:

- Láseres de electrones libres
- Láseres "Quantum Wire" y "Quantum Dot"
- Generación de pulsos ultracortos.

### Fibras Ópticas, Amplificadores Ópticos y Accesorios

Las comunicaciones constituyen la utilización primordial de las fibras ópticas. Según un informe de la compañía Dow Corning, la longitud instalada en 2005 fue de  $68 \times 10^6$  Km., con una demanda que crece al 15% anual. De este total corresponden el 35% a Estados Unidos, el 20% a China, el 15% a Japón, el 15% a Europa Occidental, el 10% a "otros países asiáticos" y el 5% al "resto del mundo", entre los cuales esta Latinoamérica. Las cifras son aproximadas y se refieren a diferentes tipos de fibra, no estando discriminadas por tipo de aplicación. Con un costo aproximado de entre 15 y 35 U\$S /Km. esto representa un mercado cercano a los U\$S 2 MM anuales. Las compañías líderes son Alcatel-Lucent, Corning y Pirelli, con sus fibras "TeraLight", "LEAF", y "FreeLight", respectivamente.

La tasa de transmisión de información por fibras ópticas puede ser incrementada utilizando la técnica de multiplexado. Esta técnica es conocida como Multiplexado por División de Frecuencias (Frequency Division Multiplexing, FDM) o bien multiplexado por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Este último término es preferido en la mayoría de los casos. El concepto de utilizar un gran número de canales con pequeña separación espectral recibe el nombre de Multiplexado Denso de Longitudes de Onda (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM), aunque más específicamente este término se reserva para espacios reducidos.

Los trabajos de I+D de aplicación inmediata al mercado de fibras ópticas atacan la limitación fundamental al aumento de la velocidad de transmisión de información: la dispersión. Esta puede ser la Dispersión Cromática y la Dispersión por Modo de Polarización (Polarization Mode Dispersión, PMD)

Además de las comunicaciones, una aplicación importante de las fibras ópticas son los **sensores** de diversas magnitudes. Los más relevantes son:

- Sensores de distancia
- Sensores interferométricos
- Sensores de campo eléctrico y de campo magnético.

Existen además sensores de fibra óptica para **aceleración, velocidad, vibración, viscosidad, gases y productos químicos, flujo de líquidos, fuerza, humedad, nivel de líquidos, posición lineal y angular, radiación, sonido y estado de una superficie.**

El mercado global asciende a aproximadamente unos U\$S 320 millones. Según ElectroniCast, el volumen de mercado en 2007 será de U\$S 425.7 millones y alcanzará los U\$S 566 millones en 2009.

Las fibras son también utilizadas para **iluminación** en lugares poco accesibles en aplicaciones industriales o médicas y para **observación remota**, por ejemplo, en endoscopía.

### **Fotodetectores y Receptores Ópticos**

Los fotodetectores pueden ser Cuánticos o Térmicos. Existe una amplísima industria de detectores para todo tipo de aplicaciones (comunicaciones, científicas, militares, etc.). Más recientemente han tenido gran desarrollo los sensores de imagen utilizando tecnología CCD (Charge Coupled Devices) que son la base de cámaras fotográficas, de TV, y equipos médicos o científicos.

### **Baterías Solares**

La conversión de energía solar en eléctrica por medio de fotoceldas de silicio es una técnica bien establecida. El máximo teórico de eficiencia de conversión fue calculado por Shockley y Queisser en 1961 y es del 31%, aunque en dispositivos prácticos es bastante menor, típicamente del 15% y excepcionalmente alcanza el 20%. Para mejorar la eficiencia de conversión se han propuesto varios esquemas llamados genéricamente de tercera generación. Los mismos consisten en disponer materiales con bandas prohibidas escalonadas, o concentradores basados en técnicas de "Quantum Dots" que absorben energía del espectro solar y la reemiten en el rango apropiado para ser eficientemente absorbida en el semiconductor.

La generación de potencia por este medio alcanzó a 1744 Mw en 2006, con crecimiento del 19% sobre 2005. De este total, Alemania registra más del 50%. Las tecnologías utilizadas no son aún de 3ra. generación.

## Displays

Los displays se utilizan en todo tipo de electrodomésticos, teléfonos celulares, en equipos industriales, informáticos, médicos y militares. Descartando el bien conocido tubo de rayos catódicos, que desaparecerá salvo para usos muy específicos. Los mismos podemos clasificarlos en:

- Display de plasma.
- Display de cristal líquido.
- Displays tipo OLED.

## Prospectiva de Desarrollo de la Tecnología al 2020

Para dar una idea del desarrollo esperable de la optoelectrónica hemos tomado lo que a nuestro juicio son los diez temas más relevantes por su importancia económica o potencial inductor de cambio, algunos de ellos mencionados anteriormente. Esta elección es en cierta medida arbitraria y personal, pero intenta reflejar las tendencias tecnológicas que modelarán la optoelectrónica y sus aplicaciones hacia la próxima década.

- Materiales ópticos de la familia del diamante y el SiC.
- LEDs para iluminación.
- Fusión D-T controlada por láser.
- Baterías solares de alto rendimiento en base a “quantum dots”.
- Procesamiento de materiales con láser.
- Laser Fast Prototyping-(Prototipado Rápido por Láser)
- Aplicaciones masivas de cristales fotónicos
- Sistemas cuánticos de comunicación.
- Procesamiento cuántico de la información
- Cirugía láser fotosensitiva (Terapia fotodinámica)

102

En cuanto a la cobertura por patentes, prácticamente todos los desarrollos se encuentran protegidos dado que en su mayoría son llevados adelante por grandes empresas de alta tecnología o universidades con directa vinculación con la industria.

### 4.1.4. Prospektiva de TIC Industriales en Argentina: Focos Tecnológicos y Áreas de Aplicación

Las aplicaciones de las TIC a la industria, son específicamente las de cuatro áreas comentadas: SEGOTI, Mecánica Computacional, Robótica y Optoelectrónica. Más allá de las situaciones específicas de cada una de ellas, resulta claro que es necesario realizar un esfuerzo sistemático en todos los terrenos para superar el atraso y la dependencia tecnológica actuales, esto es que, debe formularse una plataforma completa de políticas para desarrollar una sociedad basada en el conocimiento con objetivos y metas hacia el 2020.

a) *TIC Industriales (SEGOTI) en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones*

La oportunidad para la Argentina en el escenario global descrito previamente requiere que sus **ramas y clusters productivos más importantes** sean estimulados para que desarrollen proyectos de largo plazo, realmente desafiantes, y que por cierto conlleven tomar riesgos considerables. El propósito de estos proyectos debe ser renovar productos, procesos, soluciones y conceptos de negocios, de este modo, estar preparados para posicionarse, de manera favorable para el país, en términos de incrementar su productividad, agregar valor y avanzar en las ramas de negocios, intensivas en conocimiento, de manera tal de posicionar a la Argentina como un actor cada vez más importante en el mundo en las próximas décadas. La diferenciación basada en el conocimiento y los costos de producción son los factores principales que contribuyen a obtener ventajas competitivas; Argentina tiene, circunstancialmente, la segunda característica, pero está lejos aún –excepto en algunos pocos segmentos– de ser reconocida en cuanto a la primera.

Junto con esto es necesario distinguir e impulsar aquellas **áreas dentro de las ramas o clusters** con el mayor poder de avance y éxito para la competencia global; estas áreas estratégicas por su potencial crecimiento son normalmente orientadas por la demanda (por los usuarios) y necesitan el énfasis en aproximaciones creativas e interacción entre diversas tecnologías. También hay que prestar especial atención a las **interfaces entre los diferentes grandes sectores o clusters**, que son los que habitualmente generan nuevos tipos de negocios que pueden dar lugar a nuevas compañías, en la intersección de diferentes tecnologías, muchas veces producto de disrupciones tecnológicas. Finalmente, **los servicios y conceptos de servicios** se vuelven más y más importantes, tanto en relación con productos y la expansión de su alcance, así como, los negocios independientes. Particular importancia debe asignarse al desarrollo de conceptos de negocios, calidad y productividad de servicios. Los servicios también son importantes por la capacidad de generar empleo.

Los llamados sistemas de “TIC industriales” han sido, son y seguirán siendo verdaderos enablers para la renovación de las industrias y las cadenas de valor. Sucesivas innovaciones y disrupciones en las TIC –la PC, las redes y notablemente Internet– han significado correspondientes saltos cualitativos en la productividad, eficiencia y competitividad de las empresas y cadenas de valor, y han dado lugar a la creación de innovaciones, fundamentalmente en términos de nuevos servicios y tipos de negocios. Son bien conocidos por sus siglas en inglés *C2B*, *B2B*, *G2B*. Sin embargo, es con la integración de redes técnicas y productivas que vinculan equipamiento con alto nivel de automatismo y posibilitan la gestión centralizada con capacidades de procesamiento distribuida en la generación de productos y de su proceso de fabricación, que los sistemas SEGOTI impactan plenamente en las cadenas de valor en los niveles técnicos de ingeniería, desarrollo y producción. Aparece así una nueva generación de servicios inteligentes: *M2M*, *E2E*, etc.

El último paso, ya en marcha, consiste en la integración, sin solución de continuidad, entre la creación de productos, su producción, comercialización y administración. Surgen así los servicios *P2B* y *E2B* que posibilitan la integración de sistemas cooperativos y de optimización permanente de las operaciones. Esta nuevas generaciones de sistemas están en la base de las redes de fábricas on line mencionadas en la sección anterior que aparecen en el horizonte del 2020.

Desde esta perspectiva debe abordarse el análisis de los usos, aplicaciones, desarrollos y capacidades existentes en el país, tecnológicas y no tecnológicas, en relación con los SEGOTI, es decir, en términos de investigación, desarrollo e innovación de estas tecnologías, clave para la renovación de la industria en el sentido de agregar valor y competitividad a través de la utilización intensiva, creación de nuevos conocimientos, servicios y compañías capaces también de competir con éxito en el mercado internacional.

### **Capacidades existentes en el país**

Abordar el análisis de las capacidades existentes en Argentina respecto de los objetivos y requerimientos futuros descriptos sucintamente en el párrafo previo, requiere reconocer la actual situación de los actores involucrados, sus interrelaciones y evaluar la posibilidad de orientar o reorientar esfuerzos que ayuden a avanzar hacia los resultados perseguidos.

104 Los resultados preliminares de un proyecto de investigación aún en desarrollo<sup>18</sup> señalan que, si bien la difusión de las TIC en la industria manufacturera ha venido creciendo, “esta difusión presenta múltiples debilidades ya que es mayor en el área administrativa que en la de producción, predominando en ambas áreas herramientas de baja sofisticación. Así, por ejemplo, aunque gran parte de las empresas poseen páginas web, pocas hacen ventas electrónicas o se relacionan con sus proveedores a través de ellas. A su vez, es aún poco frecuente el establecimiento de redes entre Pymes para intercambiar electrónicamente información y/o cooperar local o sectorialmente. Tampoco se detectan evidencias de que la incorporación de las TIC estén produciendo cambios apreciables en las formas de organizar la producción y el proceso de trabajo.”

Por otra parte, el referido estudio, analizando el caso de las tramas productivas de la industria automotriz y siderúrgica señala que, en el caso de la automotriz cerca de la mitad de las firmas utiliza software para asistir a los procesos productivos, en tanto que en la siderurgia esta proporción desciende a un tercio. En lo que respecta a herramientas de gestión también existe un predominio mayor de difusión entre las firmas de la Trama Automotriz. Por ejemplo, mientras casi el 40% utiliza CRM y alrededor de un tercio utiliza SCM y ERP, en la Trama Siderúrgica estas proporciones caen al 25% en los tres casos. En relación al software vinculado a la generación de conocimiento la muestra revela un escaso uso en

---

18 Tramas productivas innovación y empleo. Financiado por la Agencia Nacional de Promoción Investigaciones Científicas PAV 097 2005 2007. (Comunicación privada de G. Yoguel y V. Robert)

ambas tramas (20% en la Trama Automotriz y 16% en la Trama Siderúrgica). Por cierto, en las empresas cercanas al núcleo de la trama la situación es mejor y las diferencias entre ambas es menos significativa pero en términos generales, la difusión es limitada a la vez que está positivamente relacionada con las competencias tecnológicas y organizacionales de las firmas.

En resumen, la *capacidad de adopción y apropiación de las TIC* está en estrecha relación con (i) formas más complejas de organización del trabajo, (ii) importantes esfuerzos de innovación, (iii) presencia de equipos formales o informales de I+D y (iv) por el desarrollo de importantes vinculaciones con firmas e instituciones. Esto es, con capacidades más avanzadas en el manejo y creación de conocimientos, innovación, I+D y participación en redes. Solamente en esta dirección será posible la renovación de los productos y servicios de las ramas industriales y solamente en este caso será posible utilizar toda la potencia de las TIC, como enablers, para lograrlos.

El cuadro de situación reseñado indica que es necesario realizar importantes esfuerzos para revertir esta situación con vistas a ayudar a la competitividad de la industria, comprendiéndolo como un esfuerzo de carácter sistémico al que deben concurrir actores públicos, privados y académicos de las más diversas disciplinas. Más precisamente, la relación entre las TIC y la industria es de “ida y vuelta”: la TIC pueden ayudar a la modernización y renovación de la industria, pero es necesario modernizar y renovar la industria para que se las puedan apropiar.

En la introducción de este trabajo se presentan cuatro “claves del éxito” para el mundo actual. Ellas son, la formación de una fuerza de trabajo competente, el dominio del proceso de innovación, la creación de nuevos servicios, su conversión en nuevos productos y su exportación y la capacidad de explotar el conocimiento global. Estas son las capacidades que es necesario analizar para tener una medida precisa de la situación de la Argentina en el mundo e identificar los esfuerzos necesarios para avanzar, en particular.

La educación universitaria, específicamente la formación de ingenieros de diversas especialidades en el espectro de las TIC para la industria, ha atravesado una gravísima crisis durante la década pasada con una enorme caída de la matriculación, con la única excepción de las carreras informáticas, de la que comienza lentamente a recuperarse. Es bien conocida por estos días la demanda insatisfecha de la industria de profesionales en las varias especialidades relacionadas con las TIC. En varias casas de estudios el nivel de estas carreras, en lo referente a la formación científica y técnica es aceptable, aún cuando debería actualizarse en muchos aspectos; no ocurre lo mismo en cuanto a la formación de competencias conductuales que preparen adecuadamente a los jóvenes para la vida laboral y la educación continua en una sociedad basada en el conocimiento. Más grave aún es la situación de la educación técnica, virtualmente desaparecida en los años 90.

En cuanto a las capacidades de I+D e innovación, existen pocas empresas que realicen esfuerzos significativos en áreas relacionadas con las TIC y sus aplica-

ciones en la industria. Los registros del FONTAR –y más recientemente del FONSOFT– indican que si bien hay un aumento significativo de las presentaciones empresarias, en general el grado de innovación de los proyectos aún es pobre –y casi inexistente en relación con el estado del arte internacional– y son muy pocos, tanto en términos relativos como absolutos, los proyectos orientados a las aplicaciones en la producción. Una proporción importante y creciente de proyectos corresponde al sector de software y servicios anexos, aunque también en este caso los proyectos corresponden a sistemas de gestión y a la mejora de las metodologías y procesos de las compañías.

La debilidad, y aún la inexistencia en muchos sectores, de redes o vinculaciones entre firmas es uno de los problemas más serios que enfrenta la industria en relación con el desarrollo de capacidades de innovación que permitan construir ventajas competitivas genuinas para las empresas locales en el contexto global. Así mismo, las vinculaciones entre el sector productivo y el científico-técnico son igualmente débiles y son escasos los ejemplos de relaciones perdurables entre grupos de investigación y empresas, lo cual dificulta el flujo de conocimientos y experiencias que constituye un factor estratégico para el desarrollo y la competitividad nacionales.

106

No obstante, aún en un cuadro general de debilidad e insuficiencia, es posible identificar casos que van marcando un curso de desarrollo positivo en el desarrollo de las TIC; tal es el caso de la creación de Polos Tecnológicos en Córdoba, Rosario, Buenos Aires, Mendoza, Tandil y más embrionariamente en el Litoral y en Jujuy. Estos polos, si bien predominantemente orientados al software y sus servicios anexos, agrupan a cientos de empresas, la mayor parte PyMES e instituciones académicas, y comienzan a desarrollar redes que, naturalmente, van incluyendo compañías y grupos de investigación de otras tecnologías. También son relevantes en el sentido del desarrollo de segmentos de las TIC y sus aplicaciones las actividades de empresas basadas en tecnologías de punta como INVAP y SIDERCA (notablemente el CINI), e instituciones como CONEA, CONAE e INTI.

En las Universidades, casi exclusivamente públicas, que concentran la mayor parte de las actividades de investigación, la situación, si bien ha mejorado en los últimos años a instancias del incremento de fondos para ciencia y tecnología, junto con un reconocimiento de la importancia de las TIC por parte de las autoridades, la situación aún dista mucho de ser satisfactoria. Por cierto, los informes que acompañan este documento describen una situación preocupante en áreas importantes como la robótica y la optoelectrónica, y mecánica computacional en cuanto a la vinculación de la investigación con la producción; en el ámbito de las comunicaciones la investigación es realmente escasa, en electrónica y microelectrónica existen grupos relativamente pequeños que recién en los últimos años han comenzado a interactuar y en informática la mayoría de los grupos activos en I+D se orientan hacia la investigación básica y sus objetivos y temáticas están bastante alejados de las áreas consideradas importantes para el desarrollo del sector.

En resumen, es necesario formular y llevar adelante una política industrial de nuevo tipo, desde una perspectiva que apunte a ayudar a la renovación de los segmentos industriales, esto es aumentar la competitividad y productividad, sobre la base agregar valor basado en el conocimiento y la innovación con vistas al 2020. Es necesario reconocer que deben realizarse múltiples y persistentes esfuerzos de carácter sistémico, que involucren a las TIC industriales como parte importante –aunque obviamente no solamente a ellas–, en el sentido de construir redes que incluyan empresas y centros de investigación científica y aplicada, identificar especializaciones que permitan abordar mercado externos exigentes, fortalecer y renovar la educación superior y tecnológica, fortalecer la investigación básica y a la vez promover la circulación de conocimientos y la colaboración entre universidad y empresa. Algunos pasos en esta dirección se han comenzado a dar, aunque aún es prematuro aventurar conclusiones, las leyes de promoción del software y el Foro del Software, las iniciativas del INTI antes mencionadas, las convocatorias a proyectos PAE y PI-TEC, la próxima creación de la Fundación Sadosky para las TIC, entre otras, aparecen como instrumentos válidos para lograrlo.

### **Prospectiva de SEGOTI en Argentina**

Las formulaciones tecnológicas proyectadas están basadas en la visibilidad de una nueva generación de componentes activos y los avances en materia de inteligencia artificial y SW de avanzada.

Ya se ha mencionado las tendencias principales de las TIC industriales hacia las próximas décadas, y se indica que las mismas serán factibles de implementación solamente en el marco de las denominadas **arquitecturas y paradigmas cooperativos** aptos para cualquier modalidad de producción. En este contexto, la integración completa intra e interempresa desde la producción hasta la comercialización y las finanzas da lugar a una nueva clase de servicios denominados P2B (Production to Business).

La Argentina, así como América Latina en general, presenta un cuadro de situación de caracterizado por carencias y desigualdades bastante marcadas respecto de los países desarrollados tanto en el uso, como en las aplicaciones y la producción de SEGOTI.

En tanto un conjunto de grandes compañías, muchas de ellas filiales de multinacionales, se aproximan a los estándares internacionales y se encuentran en una situación relativa aceptable para avanzar en la integración de los sistemas, la mayor parte de las empresas –pymes en su gran mayoría– se encuentran atrasadas respecto del uso y aplicación de las TIC en los aspectos de gestión y administración, y más todavía en lo referente a producción y comercialización. Diversas encuestas y trabajos de investigación dan cuenta de este atraso (ver Yoguel et al, ITPymes, Observatorio UNLP, etc.) y esta situación claramente afecta y afectará aún más la competitividad de estas empresas, que juegan un papel relevante en ramas tradicionalmente importantes de la economía nacional, como la industria de la alimentación y la textil.

Una mirada a futuro del segmento de los SEGOTI debe incluir dos aspectos centrales: por una parte debe ser un promotor de la modernización y la competitividad de la industria local; por la otra, debe ser capaz de encontrar los nichos que posibiliten un posicionamiento internacional de la Argentina como proveedor de productos y servicios competitivos en los mercados externos. Ambas cuestiones deben concebirse como aspectos complementarios de un mismo sistema, en efecto, la competitividad de la industria nacional es tal solamente en relación con el mercado global, aún cuando pueda llevar un enorme esfuerzo conseguirla. En tal sentido, los productos y soluciones de hardware, software y sistemas integrados que deben construirse hacia la próxima década deben corresponder con las nuevas generaciones de SEGOTI que se han descrito en las secciones anteriores. En este sentido, si bien puede resultar provechoso para el crecimiento de las empresas y la generación de empleo promover una política basada en la sustitución de importaciones, este tipo de estrategias tiene necesariamente poco alcance, tanto desde el punto de vista de las empresas productoras de SEGOTI como de las consumidoras; el cambio tecnológico es lo suficientemente rápido y disruptivo como para esterilizar la mayor parte de los esfuerzos invertidos en esta dirección.

108

Una política de promoción del segmento SEGOTI solamente puede concebirse como una política de renovación y fortalecimiento de la industria, al menos en sus segmentos o clusters productivos relevantes, siendo estos sistemas un argumento fundamental para lograr este objetivo. En el trabajo original del Ing. Zubieta se presenta un análisis acerca del impacto que causaría una fuerte apropiación de estas tecnologías sobre 25 ramas productivas primarias e industriales, tomando en cuenta tanto factores en el nivel individual de los trabajadores, en el nivel de la empresa y de la cadena de valor correspondiente. El análisis, basado en consultas a especialistas acerca de las tendencias de inversión en tecnologías, toma en cuenta el impacto sobre 22 aspectos que mejorarían la actividad productiva, y presenta una evaluación cualitativa de los mismos en las mencionadas ramas de actividad, clasificándolos en “alto impacto”, “impacto moderado” y “bajo o ningún impacto”; el resultado general es que el 67% de los casos muestra un alto impacto, el 30% un impacto moderado y el 3% impacto bajo o nulo. Es decir, la apropiación de los SEGOTI resultaría en impactos importantes tanto en la productividad como en la competitividad de todas las ramas industriales. Por cierto, esta modernización requeriría alta inversión en el 60% de los casos y de una inversión moderada en un 30%; sin embargo, dos cuestiones de fondo deben ser consideradas a la hora de evaluar la posibilidad efectiva de llevar a cabo este aspecto de la renovación de los segmentos productivos relevantes: (a) por una parte, la capacidad real de implantación y apropiación tecnológica de las empresas, clusters y cadenas de valor; (b) la capacidad real de producción (al menos parcial), integración, soporte y capacitación necesarias por parte de las compañías del lado de la oferta, particularmente de firmas de capital nacional.

En resumen, el desarrollo del segmento de los SEGOTI –al igual que en todos los ámbitos de las TIC– es un desafío multifacético, sistémico, que requiere de cambios culturales a veces muy profundos en las industrias y que fundamental-

mente debe estar basado en la investigación, desarrollo, educación, innovación tecnológica, creación de nuevas compañías, tanto mirando las necesidades de la industria local, cuanto las oportunidades de abordar nuevos mercados externos. Naturalmente, esta visión requiere de un accionar común del sector público con el privado y el académico que deben definir en conjunto políticas, estrategias y esfuerzos.

No obstante, debe destacarse que hasta la década del '70 y parcialmente durante los '80 existía una notable red de proveedores de equipos aplicables en estos sistemas de desarrollo y diseño nacional. La mayoría de ellos fueron desactivados durante los '90 y aún no han resurgido, a pesar de que, como se ha dicho en la sección anterior, en un reciente relevamiento se han detectado alrededor de 900 empresas nacionales del rubro electrónico que producen, y aún exportan, una interesante gama de productos; así mismo, existe en el país un conjunto de empresas que producen software de gestión y planificación (ERP) sumamente exitosas que exportan sus productos a diversos mercados internacionales.

Entre los productos fabricados o factibles de serlo localmente pueden considerarse:

- PLCs.
- Controladores y accionadores.
- Sistemas de Seguridad.
- Accionadores de AC.
- Software MHCS.
- Software CPAS.
- Software de Gestión de Producción.
- Software General.
- HMI.
- Transmisores.
- Medidores de Flujo.

109

En un plazo más largo es posible el desarrollo de computadores de producción y algún equipamiento para la producción de nanodispositivos.

### **Recomendaciones**

A los efectos de precisar las recomendaciones éstas se dividen en 2 categorías:

#### **Sobre el desarrollo Industrial del Segmento**

Las recomendaciones para lograr un desarrollo del segmento de Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industrial (SEGOTI) se esquematizan en las siguientes consideraciones:

- Resulta prioritario **divulgar, en términos técnicos y operativos**, las ventajas de la implantación y apropiación de las prácticas derivadas de es-

tos en los distintos sectores industriales, sobre todo en aquellos sectores donde las capacidades de uso son nulas o escasas.

Para ello se puede recurrir a ciclos de divulgación, formación a nivel universitario de grado como orientación de carreras de ingeniería y de postgrado en automatización industrial.

- Es necesario **impulsar la formación de empresas integradoras e instaladoras** especializadas en los diferentes nichos y sectores industriales.
- Asimismo es necesario impulsar la formación y el crecimiento de empresas para el desarrollo de SW vinculado al segmento en estudio.

Los mecanismos de implementación de estos dos últimos aspectos de un programa nacional deberían ser la adjudicación de créditos, subsidios, aportes a fondos perdidos y otros apoyos a planes específicos de empresas dedicadas a la integración e instalación de sistemas.

- En determinados nichos de sistemas, equipos o subsistemas es necesario **impulsar la formación de empresas o grupos de diseño, desarrollo de HW, redes y equipamientos.**

Caben en este aspecto mecanismos similares a los señalados en el apartado anterior y establecer asociaciones con Universidades y Centros Oficiales de I+D.

110

- Es altamente conveniente **impulsar el desarrollo, la adaptación o clientización de SW.** Se deberían utilizar los mecanismos indicados anteriormente.
- Determinados equipamientos de uso en varios tipos de sistemas y subsistemas pueden ser **fabricados localmente.** Para ello es necesario aportar créditos a tasas preferenciales, subsidios, aportes a fondos perdidos, etc.

Cabe destacar la importancia de apoyos adicionales a las PyMEs y  $\mu$ -empresas dedicadas al segmento en cualquiera de las funciones consideradas.

Debe también considerarse que las PyMEs de los diferentes sectores industriales pueden representar un gran mercado potencial para lo cual sería deseable contar con sistemas de control y accionamiento industriales adaptadas a la dimensión de aquellas.

### **Sobre el Desarrollo Tecnológico.**

Teniendo en consideración las tendencias de largo plazo debieran ser incentivadas y apoyadas investigaciones y desarrollos de tecnologías en los campos de:

- Optoelectrónica,

- Inteligencia Artificial,
- Fotónica,
- Procesos productivos de nanodispositivos básicos.

En este sentido cabe encarar las investigaciones a partir de las actividades en curso de las UUNN y en CITEFA.

Estas líneas de desarrollo tecnológico permitirían, eventualmente, en un horizonte de más de 10 años, reunir los conocimientos necesarios para generar nanodispositivos fotónicos de aplicación en equipamientos y controles que podrían emplearse en procesos industriales tanto continuos como discretos que requieran procesamientos automáticos de alta precisión.

De todas formas, una estrategia de mediano y largo plazo debe incluir en un lugar central proyectos como el Instituto de Diseño de Microelectrónica y la Fundación Sadosky para las TIC ya mencionados. Esto es, iniciativas de carácter público-privada-académica que apunten en la dirección del fortalecimiento de la industria, la generación de propiedad intelectual en términos de la creación de nuevos conocimientos, productos y servicios que potencien la producción local y permitan la inserción de Argentina en el mercado mundial, en el mediano plazo.

#### *b) Situación de la Mecánica Computacional en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones*

En relación a este Foco tecnológico la situación argentina puede ser resumida por las siguientes premisas generales:

La argentina cuenta con un sector científico nacional fuerte, de relevancia a nivel internacional pero con dificultades para la captación de jóvenes. Asimismo existe bajo contacto con el sector productivo, no por falta de oferta sino por falta de demanda.

Entre los grupos de investigación y desarrollo se destacan:

- *Centro Internacional de Métodos Computacionales en Ingeniería (CI-MEC) radicado en INTEC-CONICET Santa Fe.*
- *Grupo de Mecánica Computacional del Centro de Investigación Industrial de Tenaris Siderca (CINI).*
- *Grupo de Mecánica Computacional del Instituto Nacional del Agua (INA)*
- *Grupo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Tucumán.*
- *KB Engineering SRL.*

Todos estos equipos mantienen un muy buen nivel de producción científica, relaciones con instituciones del exterior y diversos grados de relación con la industria o el sector público a nivel de actividades de distinto tipos. Sin embargo, solamente en el caso del CINI y del INA se registran actividades de participación en procesos de desarrollo de tecnologías.

En nuestro país hoy existe un marcado déficit en el número de ingenieros disponibles para integrarse en los niveles de iniciación de los centros de investigación existentes. Existe una importante cantidad de egresados de la licenciatura en Física trabajando en el tema y notablemente no existe un número considerable de matemáticos. A nivel de posgrado se han desarrollado maestrías específicas en las universidades nacionales de Bs. As., Córdoba y Tucumán, y tesis doctorales en UBA, UNL, Instituto Balseiro, UNT y UNS.

- Un importante desarrollo a nivel de aplicaciones sencillas de la ingeniería civil y mecánica.
- Un bajo nivel de utilización a nivel de aplicaciones complejas destinadas al desarrollo de procesos/productos. Sólo se ha detectado un desarrollo formal y sostenido en el CINI de Tenaris Siderca.

### **Perspectivas de la Mecánica Computacional en Argentina**

A pesar de que esta disciplina es indispensable para el desarrollo de nuevos procesos, productos y servicios o para la optimización de los existentes, las perspectivas de utilización de la Mecánica Computacional no parecen alentadoras en el corto plazo. Grandes sectores de la industria argentina son filiales de multinacionales con centros de decisión tecnológica en el exterior y no realizan desarrollos locales de tecnología. Las PyMEs en general no creen contar con el tiempo / recursos necesarios para utilizar la herramienta.

112

De todos modos, sobre la base de la excelencia científica alcanzada por algunos grupos, desarrollos y transferencias a la industria y la formación de escasos pero buenos recursos humanos, aparece como factible diseñar una estrategia que posibilite el crecimiento de esta disciplina y fundamentalmente una mayor utilización en diversas ramas de producción y servicios, tanto para potenciar desarrollos tecnológicos locales como para la creación de empresas que puedan abordar mercados externos; particularmente, parece apropiado explorar la factibilidad de asociaciones de los equipos expertos disponibles en el país con empresas del sector del software y sus servicios asociados.

Tomando en cuenta las fortalezas y debilidades que se observan en esta disciplina, es evidente que resulta necesario diseñar un programa de promoción que, sin grandes esfuerzos podría dar resultados importantes en el mediano plazo. Un programa de este tipo debería tomar en cuenta la necesaria formación de más y mejores recursos humanos, las dificultades de adopción de las empresas nacionales y las nuevas aplicaciones de la Mecánica Computacional hacia el futuro, mencionadas en la primera sección de este capítulo. Entre las medidas necesarias para lograrlo deben mencionarse:

#### **1. Formación de recursos humanos.**

Con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de recursos humanos disponibles se recomienda:

- Incentivar la inclusión del tema Mecánica Computacional en las currículas de las carreras de Ingeniería.
- Incentivar la formación continua de los ingenieros sobre el tema.
- Incentivar la formación de posgrado en la especialidad, tanto a nivel de la formación de doctores como de estadías posdoctorales en centros de excelencia en el exterior.

## 2. En relación con la industria y las aplicaciones.

Promoción de la relación academia-industria y creación de empresas innovadoras:

- Financiamiento para incentivar y facilitar la relación entre las PyMEs y los grupos de excelencia existentes para que las empresas conozcan y puedan recurrir a estas instituciones para resolver problemas tecnológicos de su interés.
- Apoyo al desarrollo de grupos en las empresas o asociaciones de empresas y equipos de investigación que trabajen en temas afines o se especialicen en aplicaciones de cadenas de valor de interés común.
- Creación de nuevas empresas innovadoras que desarrollen soluciones y servicios especializados, con el objetivo de dar respuestas a problemas del mercado local o mercados externos. Estas nuevas empresas podrían nacer de los actuales grupos en el formato spin-off y/o de asociaciones con empresas ya existentes, particularmente empresas de software que deseen potenciar sus capacidades o ampliar sus objetivos de negocios; en tal caso, se podría utilizar la Ley de promoción del software y otros beneficios asociados con el sector, como los programas del FONSOFT.

113

### *c) Robótica en Argentina, capacidades locales, prospectiva y recomendaciones*

El costo del robot no es de ninguna manera el factor limitante para su utilización, aún en la pequeña y mediana industria (PyMEs). Por otro lado, entre 1990 y 2004 los precios se redujeron en un 50%, al mismo tiempo que esos equipos experimentaron importantes mejoras. En promedio: tiempo medio entre fallas, de 5.000 a 40.000 horas; aumento de velocidad, 40%; aumento de precisión, 70%; aumento en la capacidad de carga, 60%; mayor alcance, 35%.

Incrementar la participación de los robots industriales en los procesos productivos, y resolver la incorporación de robots a nuevos procesos es el gran trabajo que sigue en el corto y mediano plazo (año 2020 para los tiempos de evolución en robótica). Paralelamente, para facilitar la tarea de implementación de nuevas aplicaciones, se seguirá trabajando en la mejora del sistema de control y en la articulación de los avances que se realizan en el ámbito científico.

Las empresas no automotrices y las PyMEs seguramente

- mejorarán sus productos y procesos para minimizar la intervención manual,

- comprarán máquinas que sean fáciles de operar en forma automática, y
- se preocuparán por ofrecer un ambiente creativo de trabajo para atraer a los mejores estudiantes universitarios.

Por otro lado, las empresas fabricantes de robots invertirán más:

- en el desarrollo de paquetes de soluciones para nuevos usuarios,
- en estudios de factibilidad en las PyMEs, y
- en hacer que sus robots sean más simples para poner en producción.

Muy probablemente, según pronósticos del mercado de proveedores de robots, en este siglo la industria alimenticia llegará a ocupar el segundo lugar después de la automotriz, en cuanto a la utilización de robots en el mundo, y tal vez la alcance; Europa muestra una tendencia en este sentido. En la industria alimenticia no es un factor tan importante la eliminación de tareas riesgosas para el ser humano, como lo es en la automotriz. Pero se dan en forma decisiva los restantes motivos para la robotización. El nivel de calidad es cada vez más exigente. La rotación de productos / presentaciones es aún mayor que en la industria automotriz por lo que la automatización no puede ser rígida, y la necesidad de bajar costos y aumentar la productividad es imperiosa. Además, está creciendo el volumen y concentración de las empresas.

114 Por otro lado, por el tipo de procesos y productos que se elaboran y manipulan, las tareas requieren que los sistemas automáticos puedan adaptarse a pequeños cambios o incertezas durante su ejecución. Para satisfacer adecuadamente este mercado en crecimiento, deberán aumentar significativamente las implementaciones de robots utilizando sensores externos, especialmente de visión.

Finalmente, tal como se mencionó al comienzo, la venta de robots para tareas de servicios, crecerá seguramente a un ritmo mucho más alto que el de los robots industriales. En este sentido es interesante tomar en cuenta las visiones sobre este mercado emergente de los líderes tecnológicos; la European Robotics Platform (EUROP), señala: “la visión europea para los futuros robots de servicios es la de los robots “empowering” a los ciudadanos europeos. La base de este empowerment es que los robots trabajan con la gente en lugar de estar aislados de la gente; y que los robots interactúan con gente y entre ellos, evolucionan, aprenden y adaptan su comportamiento a los requerimientos de la tarea que se les asigna y al ambiente en el que están inmersos. Más aún, con la creciente emergencia de la computación ubicua y los contextos comunicacionales, los robots podrán acceder a una base de conocimientos ilimitada y coordinar sus actividades con otros dispositivos y sistemas. Ulteriormente, la creciente difusión de la computación ubicua llevará a las tecnologías robóticas a integrarse en las redes ubicuas de las TIC hasta convertirse en sus agentes de la acción física, dando como resultado ambientes activos en el hogar, oficinas y espacio público. Los robots como unidades capaces de moverse, sensor, actuar, tomar decisiones se volverán parte de redes de artefactos para proveer individual o colectivamente, nuevas capacidades, aplicaciones y servicios”.

Los desafíos tecnológicos, clave que es necesario abordar para preparar una industria de aplicaciones de robots de servicios competitiva incluyen:

- Componentes robóticas.
- Sistemas de robots inteligentes y cognitivos.
- Ingeniería de sistemas, incluyendo:
- Sistemas modulares integrados.
- Sistemas de robots centrados en redes.

Tomando en cuenta las consideraciones previas, podría formularse una visión orientativa formulada en torno de los siguientes objetivos de corto, mediano y largo plazo:

<b>Corto Plazo (5 años)</b>	<b>Mediano Plazo (5-10 años)</b>	<b>Largo Plazo (20 años)</b>
Un robot que se mueve en un ambiente similar a una oficina	Un robot que se mueve en el hogar y puede interactuar físicamente con el entorno	Una "criada mecánica"
Una aspiradora y limpiador de pisos eficiente	Un robot que sea interfaz entre personas y redes domésticas	Un robot asistente de propósito general
An upper limb orthesis	A lower limb orthesis	Un "trabajador" robot genérico para uso industrial
Interoperabilidad/ módulos robóticos acoplados	Un micro-robot para cirugía endoscópica	
	Un sistema de tele-presencia para mantenimiento e inspección	
	Un mercado de proveedores para sistemas de robots	

115

La situación de la Robótica en Argentina, y en Latinoamérica, es consistente con la descripción general expuesta en la segunda sección de este capítulo. En Argentina el número de robots podría ser estimado en 500 actualmente, tomando en cuenta el crecimiento e inversiones de la industria automotriz, la diferencia con los países avanzados resulta en dos órdenes de magnitud.

Sin embargo, nuestra industria automotriz tiene un grado de robotización razonable y en algunos casos, comparable a los niveles internacionales. Esta situación se da a nivel mundial, por la altísima competitividad en el ramo, una fábrica de automóviles no podría mantenerse en ningún lugar del mundo sin los altos niveles de calidad, productividad y cuidado de la salud de sus operarios.

En cuanto a las no automotrices, el nivel de robotización es casi nulo. Por este motivo, y al arrancar desde un piso muy bajo, es esperable una alta tasa de crecimiento en la instalación de robots en las mismas. Este hecho estará seguramente

fomentado por buenas expectativas de ventas a nivel mundial, pero además, será necesario para las empresas instaladas en nuestro país porque:

- las condiciones de trabajo penosas, riesgosas e insalubres, que antes eran consideradas “inevitables” en muchas industrias, hoy ya no pueden aceptarse y pueden ser penadas por la legislación laboral,
- los niveles de calidad y productividad que antes eran necesarios para ganar nuevos mercados, hoy simplemente son necesarios para lograr que la empresa perdure,
- y la productividad no podrá sostenerse en base a salarios bajos.

Utilizando como referencia muy general para el mediano plazo las tendencias en Europa y las expectativas mencionadas anteriormente, es natural esperar en Argentina que los incrementos en robotización de las industrias no automotrices se den prioritariamente en alimentación, fabricación de maquinarias y equipos, y química (incluye plástica, farmacéutica, cosmética y petróleo). Las implementaciones probablemente utilizarán con frecuencia sistemas de visión para la industria alimenticia, y de visión y sentido de fuerza/torque para tareas de montaje, en fabricación de maquinarias y equipos.

### **Capacidades existentes en el país y recomendaciones**

116 En Argentina no parece haber actividad empresaria alguna relacionada con el desarrollo y diseño de robots, los objetivos alcanzables en el corto/mediano plazo tendrían entonces que ver con una mayor utilización de robots a las industrias que ya los utilizan y con la inserción de los mismos en nuevas ramas industriales, tal como se indicó anteriormente. En tal sentido, la situación parece relativamente buena pues, junto con el actual sostenido crecimiento económico, el país dispone de una estructura de comunicaciones e informática actualizada, y existe un número no despreciable de industrias que cuentan con equipamiento tecnológico de punta, que las predispone positivamente para mejorar su eficiencia con automatización en general y robótica en particular. Por otro lado, ya existen unos pocos profesionales formados en las universidades argentinas, que están trabajando en empresas proveedoras y usuarias de robots instaladas en el país.

Por otra parte, varias universidades tienen grupos de investigación y docencia trabajando en Robótica desde hace más de 20 años, y cuentan con robots en sus laboratorios. Entre ellas mencionaremos: la Universidad de San Juan - Instituto de Automática (Facultad de Ingeniería); la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Córdoba; la Universidad de Buenos Aires -Facultad de Ingeniería (Laboratorio de Robótica) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Dpto. de Computación); la Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería; la Universidad Nacional del Sur (Dpto. de Ingeniería Eléctrica). En algunos casos mantienen proyectos de cooperación con empresas y con universidades de otros países. El área de investigación recibe apoyo a nivel nacional a través de distintas líneas de subsidios de la Secretaría de Ciencia y Técnica. La Comisión Nacional de Energía Atómica también desarrolla actividades de inves-

tigación en Robótica. También se realizan periódicamente, desde hace 20 años, Congresos y Jornadas científicas sobre robótica, en algunos casos con participación de expositores extranjeros, principalmente de países latinoamericanos.

En el campo de la robótica industrial en Argentina aparecen varios problemas que deben ser atendidos simultáneamente para lograr un avance sustancial en la robotización de las ramas industriales que se han mencionado. El objetivo es claramente aumentar la productividad y la competitividad de dichas industrias y en tal sentido es recomendable el desarrollo de un programa que abarque entre otros los siguientes aspectos:

1. Renovación y capacitación de las empresas fundamentalmente en cuanto a sus capacidades tecnológicas y procesos productivos. Sin estos elementos es muy difícil la incorporación de robots en la producción.
2. Integración de las empresas con los equipos universitarios y científico-tecnológicos que posibilite la transferencia de conocimientos específicos y posibilite la reconversión empresarial. Estos equipos deberían incluir no solamente especialistas en robótica y automatización, sino también expertos provenientes de la economía, planificación, etc. Es crucial en este sentido apoyar a las PyMEs que busquen modernizarse en este sentido, con créditos blandos y subsidios de los organismos públicos como los del PRE de la Sepyme o del FONTAR de la ANP-CYT. Es importante que el INTI también participe en este proceso.
3. Formar especialistas en las carreras de grado y posgrados en las ingenierías electrónica, mecánica, industrial e informática a través de la inclusión de los contenidos apropiados de robótica en cada uno de los casos. Es también necesario promover estadías doctorales y posdoctorales en centros de excelencia internacionales.

Ya se ha indicado que, más allá de las indiscutibles ventajas que ofrece la robótica industrial como promotora de la competitividad y eficiencia de las empresas, alrededor de 2/3 del mercado mundial se inclina por el desarrollo de robots de servicios profesionales y personales. Este tipo de robots presentan desafíos novedosos en todas las áreas de la disciplina, desde el diseño y construcción de partes mecánicas hasta los aspectos relacionados con algoritmos e inteligencia artificial; en este sentido, se trata de un área que, en varios aspectos presenta nuevas, y en muchos casos inexploradas, “ventanas de oportunidad” para la investigación, el desarrollo, el diseño y la creación de nuevas empresas, fundamentalmente a través de la creación de servicios innovadores que pueden encontrar mercados externos sumamente receptivos y potentes. Por cierto, los grupos de investigación antes mencionados tienen capacidades sobradas para servir de base de conocimientos e investigación para atacar esta área. De hecho, el equipo de “fútbol robótico” de la UBA ha tenido excelentes desempeños, el CITEI del INTI ha participado en un proyecto de desarrollo de una “silla inteligente” para personas con discapacidades motoras. Es necesario entonces promover y apoyar estas capacidades con la visión de generar nuevas empresas

especializadas, tal vez no necesariamente en la construcción de robots, pero sí en el desarrollo de soluciones, diseños, servicios de I+D que permitan crear una masa crítica de compañías entrelazadas con equipos científicos que puedan competir a nivel internacional.

*d) La optoelectrónica en la Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones*

Si bien el uso de los productos de la optoelectrónica es, en términos relativos, muy importante en nuestro país, y su tasa de crecimiento pareciera ser similar a la mundial (20% anual, de U\$S 364000 millones en el 2005 a U\$S 1000000 millones esperados en el 2015), son muy pocas las empresas que hacen de la optoelectrónica su actividad principal. Sus actividades predominantes consisten en importar instrumentos y equipos, o desarrollarlos importando ciertos componentes críticos. Las empresas de mayor relevancia son: *Winters Instruments* – dedicada a Instrumentación Electrónica, barreras emisor-receptor, palpadores de proximidad difusos, detectores de color, detectores de luminiscencia, medidores de distancia–, *Laseroptics* –comercialización de productos importados y al desarrollo local de equipos específicos para la industria, científicos, medicina y enseñanza–, debe mencionarse especialmente a *INVAP SE* que si bien no hace de la optoelectrónica su actividad principal, realiza desarrollos avanzados para aplicaciones espaciales (cámaras, sensores) o nucleares (láseres especiales para fotofísica o ingeniería isotópica) para citar algunas de las más significativas. Además, existe del orden de una decena de importadores de componentes optoelectrónicos convencionales – LED, fotodiodos, fototransistores, displays, de diversos tipos– que se comercializan por los mismos canales que los componentes electrónicos y se utilizan en la industria. No hay fabricación local de ninguno de los componentes ofrecidos.

118

Por otra parte, existen importantes grupos de investigación en universidades y otras instituciones del sistema científico que abordan temas centrales para el desarrollo de la optoelectrónica a nivel internacional. También en esos centros se desarrollan tesis de doctorado en dichas áreas. Los grupos más importantes se radican en: Facultades de Ciencias Exactas Físicas y Naturales y de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Instituto Balseiro; Universidad de La Plata, Universidad del Centro de la Pcia de Bs. As. y Universidad de Córdoba.

Los centros de investigación más importantes son:

- *Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP)*: Dependiente de CIC y CONICET, estrechamente vinculado con la UNLP, desarrolla un amplio abanico de investigaciones teóricas y aplicadas, dicta cursos y seminarios de posgrado, actualización y perfeccionamiento sobre varios temas de interés práctico.
- *Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP)*: dependiente de CITEFA. Centrado en el desarrollo de láseres y sus aplicaciones científicas, industriales, médicas y militares. Realiza actividades de formación de recursos humanos de grado y posgrado en colaboración con varias universidades, así como de actualización profesional.

- *INVAP SE*: Ha realizado desarrollos específicos en aplicaciones de la optoelectrónica, particularmente al área satelital. En los últimos años ha creado un grupo de láseres moleculares para aplicaciones fotofísicas (enriquecimiento y separación de isótopos) con capacidad de encarar desarrollos propios.

En cuanto a la formación de profesionales y especialistas, en varias facultades de ingeniería se dicta la asignatura Optoelectrónica en carreras de grado de ingeniería electrónica e informática.

Habitualmente se dictan los contenidos fundamentales de láseres, fibras ópticas, detectores y aplicaciones más usuales. Las materias se dictan en las facultades de Ingeniería de la UBA, UNSL, UNT y UTN (FRBA). En cuanto a la formación de especialistas, existe una carrera de Magíster en la Facultad de Ingeniería de la UBA y carreras de magíster y doctorado afines en la Universidad de Tucumán.

### **Perspectivas de Argentina en Optoelectrónica y recomendaciones**

De acuerdo con la prospectiva global al comienzo de este libro, es previsible que las siguientes diez áreas claves de la optoelectrónica se conviertan en drivers para el desarrollo tecnológico y de negocios en las próximas décadas:

- i. Materiales ópticos de la familia del diamante y el SiC.
- ii. LEDs para iluminación.
- iii. Fusión D-T controlada por láser.
- iv. Baterías solares de alto rendimiento en base a “quantum dots”.
- v. Procesamiento de materiales con láser.
- vi. Laser Fast Prototyping (Prototipado Rápido por Láser).
- vii. Aplicaciones masivas de cristales fotónicos.
- viii. Sistemas cuánticos de comunicación.
- ix. Procesamiento cuántico de la información.
- x. Cirugía láser fotosensitiva (Terapia fotodinámica).

119

Sobre esta base, es posible concebir dos escenarios posibles para la Argentina, un escenario “de mínima” y otro “de máxima”. En el primero, se asume que la situación seguirá siendo aproximadamente la actual, en la cual, las tecnologías se importan y se utilizan con poco o ningún valor agregado. En tal caso de los 10 ítems enumerados, casi seguramente seguirán ese proceso los numerados con ii, iv, v y x.; Los dos primeros generarán un significativo ahorro energético que podría incluso ser potenciado por exenciones impositivas, en tanto que los otros tendrían importante impacto en la industria y los tratamientos médicos. Los restantes ítems no tendrían demasiado efecto en la próxima década dado que probablemente no alcancen aún un desarrollo masivo a nivel internacional que autorice a prever una utilización de importancia en nuestro país.

En la hipótesis “de máxima”, podrían establecerse, de contar con adecuada promoción ciertas industrias que permitirían satisfacer el mercado local y exportar en prácticamente todos los ítems salvo en fusión por láser y procesamiento y co-

dificación cuánticos, que exigirían inversiones fuera de escala con nuestro país. Asimismo, como se ha visto, nuestras universidades e institutos de investigación poseen una importante capacidad de desarrollo en sistemas optoelectrónicos complejos para muy diversas aplicaciones lo que puede dar origen a actividades industriales económicamente significativas.

Por cierto, es deseable orientar los esfuerzos en términos de la postura “de máxima” hacia el 2020 y, en ese sentido, es necesario identificar las líneas de investigación y desarrollo, y de negocios que posibiliten el desarrollo de una masa crítica de empresas, recursos humanos calificados en los niveles adecuados, investigación y desarrollo, a fin de satisfacer las demandas locales y abordar mercados externos, en un área cuyo crecimiento resulta, a todas luces, impresionante. En este sentido, como un primer paso, identificar las áreas de interés que aparecen como oportunidades factibles de ser encaradas por nuestro país.

Es poco probable que en la Argentina pueda desarrollarse una industria significativa de **componentes optoelectrónicos**. Los mismos están en manos de relativamente pocas compañías de escala global, ya insertadas o con fuerte tendencia a desplazarse hacia Japón, China, Corea, Taiwán, India y otros países del sudeste asiático. Esta debilidad de la Argentina en el área está en línea con la casi total desaparición de la industria de componentes electrónicos convencionales operada en las últimas décadas. Si embargo, eso no significa que la Argentina deba estar ausente del desarrollo de ciertos componentes especiales. Posibles áreas a desarrollar en el país son aquellas que se basan en tecnologías que requieren inversiones relativamente modestas (comparadas con las usuales en microelectrónica), tales como componentes (orgánicos LEDS, concentradores para baterías solares), componentes ópticos y circuitos optoelectrónicos híbridos. Pero es en los **sistemas optoelectrónicos** donde existe ciertamente un amplio campo para nuestras industrias en el desarrollo de todo tipo de equipamiento para aplicaciones científicas, médico-quirúrgicas, industriales, meteorológicas y militares. Estos equipos o sistemas incorporan gran valor agregado. En su diseño y construcción aparecen las tecnologías óptica, electrónica y mecánica que positivamente están disponibles en nuestro país. Generalmente las series de producción no son excesivamente numerosas pero los equipos alcanzan elevados valores unitarios. Como se ha visto anteriormente, su importancia económica global es muy superior a la de los componentes optoelectrónicos en sí.

A partir de esta primera selección, orientada preferentemente –aunque no exclusivamente– hacia el trabajo en el área de los sistemas optoelectrónicos, es recomendable el diseño de estudios de mercados locales y exteriores que permitan detectar oportunidades de negocios, de las capacidades endógenas no solamente en términos de investigación y desarrollo y formación de recursos humanos, sino también de políticas públicas y alianzas público-privada-académica, en términos de un programa de mediano-largo plazo orientado a la generación de valor nacional y competitividad, debería promoverse la creación de empresas tecnológicas que pueden nacer a partir de los grupos de investigación o puedan asociarse con ellos, promover la investigación aplicada y tecnológica en estos

equipos. En estas condiciones, sobre la base de los conocimientos y resultados generados por los grupos de investigación de excelencia, se abren numerosas perspectivas de trabajo muy calificado, por ejemplo, participando en proyectos con instituciones o empresas del exterior, o exportando tecnología en la forma de diseños, investigaciones por contrato, software específico o patentes.

## 4.2. AgroTIC<sup>19</sup>

El presente documento constituye un esfuerzo de análisis de prospectiva orientado a promover en Argentina el desarrollo de una oferta de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) –incluyendo empresas, capacidades de I+D y de transferencia tecnológica–, especializada en productos y servicios para la demanda proveniente del sector agropecuario y la agroindustria, con énfasis en la orientación exportadora y en el liderazgo innovativo.

La premisa de la que partimos es la percepción ya conocida de la presencia, en nuestro país, de una serie de condiciones en materia de capacidades tecnológicas, de recursos humanos y empresariales en el sector de informática y en menor medida de electrónica, junto con una significativa infraestructura de telecomunicaciones existente, que han hecho del así llamado sector de SSI local una de las industrias de mayor tasa de crecimiento económico en los últimos años en Argentina (hoy con cerca de 5 mil millones de pesos anuales en valor de producción).

Este crecimiento, cuyo sostén de largo plazo parecería estar asociado a una fuerte orientación del sector hacia el comercio exterior y hacia algún tipo de liderazgo en innovación, requiere también definir un patrón de especialización para la Argentina en ciertos segmentos verticales de demanda y tecnologías específicas, que contribuyan a agregar valor a la producción y provisión nacional de servicios de TIC, dada la fuerte competencia internacional de países que tienen, o bien mayores ventajas a través de menores costos, o bien un camino ya realizado en esta materia, lo que les permite contar con un sector más competitivo y robusto.

Por otra parte, en los últimos veinte años, un nuevo paquete de tecnologías de proceso y de producto a nivel agrícola, en conjunto con un alza sostenida de los precios internacionales de algunas materias primas hicieron dar un salto cualitativo a la productividad del sector agropecuario y agroindustrial, impactando principalmente, para el caso de Argentina, sobre las cadenas productivas de granos y oleaginosas y en las cadenas de Ganados y Carnes, así como en la de Lácteos.

Dicho paquete tecnológico, conformado principalmente por la práctica de la siembra directa, la utilización de semillas genéticamente modificadas para te-

<sup>19</sup> Colaboraron con la redacción de este documento: Ing. Agr. Marcelo Bosch (INTA), Gustavo Barragán (CEIL), Ing. Agr. Gustavo Grobocopatel (Los Grobo), Dr. Gabriel Baum (LIFIA), Ing. Agr. Mauricio Moresco (Fund. Trazar), Ing. Susana Romaniz (Fund. Trazar), Mag. Lic. Verónica Robert (Idel-UNGS) y Lic. Ignacio Albornoz (UNGS-CEPAL). Asimismo, se utilizaron otros documentos como fuentes.

ner resistencia a determinados biocidas, promovió el mayor aprovechamiento del suelo a la vez que mayores necesidades de fertilización, con lo que toda una industria ubicada alrededor del sector –los insumos, los agroquímicos y la maquinaria agrícola– comenzó a motorizarse, a formar parte de procesos de acumulación, y a promover ciertas innovaciones tecnológicas que generaron un impacto multiplicador importante.

Al mismo tiempo, la dinámica del mercado mundial de alimentos, con nuevas demandas y a la vez mayores requerimientos de calidad, control y diferenciación de productos, hacen que la articulación de ciertas cadenas de valor (como carne bovina y lácteos) exijan cada vez mayor coordinación y manejo de información relativa a los procesos de producción.

Dado el enorme peso del sector agropecuario y agroindustrial en la economía de nuestro país, y su dinámica competitiva, en particular en el último lustro (representando más del 50% de las exportaciones totales; alrededor de un 20% del PBI; entre un 22% y un 30% del empleo), que además ha mostrado crecientes requerimientos de tecnología, ha hecho que prolifere a nivel local una incipiente oferta de empresas de tecnología que buscan atender este sector, en especial aquellas aplicadas a la maquinaria agrícola, así como en segundo término un conjunto de empresas que proveen diversas soluciones informáticas.

122

Esto lleva a pensar que, además de suponer un mercado en sí mismo, con gran cantidad de demandantes de tecnología, el sector agropecuario y agroindustrial de nuestro país puede ser una buena fuente de aprendizaje y base de prueba en función del ulterior desarrollo de un sub-sector de TIC especializado en este tipo de demanda, que busque crecer esencialmente a través de la exportación de servicios con valor agregado en esta área, explotando las ventajas naturales que ofrece la Argentina como caldo de cultivo, y ampliando el esquema respecto de la mera competencia por los bajos costos de la mano de obra local, que tiene un límite en el tiempo.

Esto supone además enfrentar problemas genéricos que limitan hoy en día el crecimiento del sector de TIC y que aún no han sido encarados, así como llevar adelante políticas para estimular eslabonamientos que contribuirían a generar otras posibilidades para el sector más allá de este nicho de mercado en particular.

En ese contexto es que, considerando la importancia que supone esta vinculación entre TIC y Agro tanto para el desarrollo del sector proveedor de tecnologías como para la propia competitividad del sector demandante, es que se llevó a cabo el presente documento, donde se intenta prever los más importantes desafíos innovativos y empresariales que a futuro aguarda este campo de aplicaciones, así como realizar un análisis de los factores limitantes en la actualidad, en correspondencia con la situación del contexto local en relación con la difusión de estas tecnologías, y proponer un plan de acción con objetivos y medidas con miras a promover un proceso en este sentido.

### 4.2.1. Definición de AgroTIC

Entendemos por TIC para el sector Agropecuario y Agroindustrial (AyA), o **Agro-TIC** aquella oferta tecnológica o segmento de aplicaciones e infraestructuras informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones orientado a administrar, almacenar, transmitir y hacer interactuar la información generada a todo nivel por la actividad del sector agropecuario y agroindustrial y su escenario territorial, en función de mejorar la *gestión de los procesos* productivos y comerciales de los bienes que de dicha actividad surgen, así como de *mejorar las condiciones tecnológicas del entorno* en el cual ocurren.

En ese contexto, las AgroTIC actúan o pueden hacerlo allí donde existen tecnologías de gestión operativa, empresarial, de coordinación técnica o entre actores de la cadena o de un mismo eslabón, e información dispersa o sin utilizar que puedan ser mejoradas y aprovechadas por aquellas; allí también donde existen comunidades y espacios vinculados directa o indirectamente a la actividad AyA, y que forman parte de su entorno geográfico. De la misma manera, pueden contribuir a la investigación y el desarrollo agronómico agrobiotecnológico y veterinario. Es decir que las prestaciones posibles son múltiples y mejorables, lo que plantea un universo de aplicaciones muy extenso, con posibilidad de interacción entre ellas.

Se ubica el foco de la demanda de aplicaciones en el eslabón primario –el sector agropecuario– aunque se incluye al sector agroindustrial (eslabón secundario) en tanto que forma parte integral de la cadena de valor en los productos de origen agropecuario, y en muchos casos actúa como un importante elemento de tracción en la adopción de tecnología respecto del eslabón primario. De esta manera, cada vez más los límites entre uno y otro, según la cadena específica, se borran, formando parte del mismo entramado, y teniendo a su vez requerimientos de información compartidos.

El tipo de aplicaciones al que apuntan las TIC, por tanto, parecen estar relacionadas con todas aquellas actividades que pudieran ser mejoradas y agilizadas tecnológicamente, refiriéndonos a instancias de análisis de resultados y evaluación de estrategias, procedimientos operativos rutinarios, almacenamiento de información, de interacción de datos entre distintas fuentes o de grandes masas de datos, transmisión instantánea de información a distancia y otras. En este sentido, las aplicaciones posibles son muchas y se van renovando conforme a la evolución y a la estructura del sector, por lo que parece necesario analizar en cada caso las demandas tecnológicas potenciales y existentes de los distintos actores de la trama productiva agropecuaria y agroindustrial.

Pero además las AgroTIC pueden tomar la forma de servicios tanto como de productos, con lo cual, en buena parte todas sus especificidades más allá de las variantes tecnológicas, están definidas por los tipos de actividades a las que asisten, lo que lleva a pensar que de acuerdo a la magnitud y la diversidad de las tareas necesarias –que en el caso de TIC para las actividades comerciales, está

muy determinada por el modelo de negocio de cada cliente—, ésta es una actividad que se define más por una lógica de servicios de cliente por cliente, que por una lógica de productos genéricos.

Aún así, un resumen relativamente arbitrario de esta oferta *desde el punto de vista tecnológico* hace posible pensar en un heterogéneo conjunto de prestaciones tanto de productos como de servicios, cuya complejidad varía según el tipo de actividad a la que asisten y los requerimientos del cliente al que atienden, así como también según el contexto tecnológico en el que son desarrolladas. Estas van desde productos unitarios y relacionados con utilidades de mayor o menor integración de aplicaciones incorporadas, hasta complejos donde se integran distintas tecnologías dentro de las TIC y que requieren de distintos tipos de sistemas informáticos y diferentes clases de dispositivos en simultáneo:

#### *a) Sistemas Informáticos*

124

- Sistemas de gestión de información aplicados al manejo administrativo-contable y/u operativo de la gestión de unidades productivas: se trata básicamente de sistemas informáticos operables en una PC que varían fuertemente según sus utilidades, complejidad y grado de interacción con otras fuentes de información como Internet y bases de datos, yendo desde paquetes enlatados genéricos adaptados a este tipo de actividad (ERPs o pequeños sistemas de gestión), hasta los que están a medio camino entre productos y servicios, con una plataforma general y módulos adicionales. Si bien no contamos con datos precisos de adopción de TIC, es posible afirmar que hoy en día en Argentina este tipo de sistemas ha sido el más difundido y generado en una primera ola.

- Sistemas de información geográfica aplicados al agro: si bien la oferta suele ser más reducida que la categoría anterior, existe una serie de sistemas que permiten generar información cruzando datos georeferenciados de distintas fuentes, que se explotan combinándolos para obtener información estratégica a nivel productivo o logístico, útil para tomar decisiones, poder analizar y visualizar determinadas variables surgidas como resultado de procesos productivos, y útiles para distintos actores dentro del complejo AyA.

- Sistemas de simulación: ya que surgieron como sistemas en sí mismos, cada vez más se han ido plegando a otros tipos de sistemas de gestión a nivel comercial, o bien se los utiliza en investigación agropecuaria para ensayos agronómicos y cálculos diversos. La potencia de este tipo de modelos basados principalmente en el cálculo de números finitos es muy variable según el fin para el que son diseñados los sistemas.

- Sistemas de gestión de grandes bases de datos: utilizables en particular para administrar importantes bibliotecas que se pueden encontrar en distintos tramos de actividad del sector en sentido amplio, considerando desde bases de datos sobre información genética para centros de investigación y laboratorios, hasta bibliotecas con información fiscal, carteras de clientes, transacciones, etc. Estos

suelen estar complementados o combinados con otros tipos de sistemas entre los aquí mencionados y/o unidos a servidores, según la prestación que requieran y las necesidades de cada tipo de cliente.

- Sistemas de procesamiento de imágenes de alta calidad: éstos suelen requerir y combinarse con bases de datos importantes, con utilidades de diverso tipo, pero en particular aplicables a la investigación de alto nivel, como en biotecnología.

- Sistemas embebidos de adquisición y administración de datos incorporados a dispositivos de uso específico (como maquinarias agrícolas), o de uso común pero aplicados a utilidades en este campo de acción, como teléfonos celulares, palmtops, lectoras de códigos, analizadores de objetos, transmisores y otros dispositivos que comparten otros usos en el mercado.

### *b) Dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones*

- Sensores directos y remotos: se trata de sensores electrónicos diseñados para analizar diferentes magnitudes físicas al contacto (como temperatura o humedad) o a la distancia (de índice verde, de biomasa, infrarrojos) que pueden ser utilizados y montados en distintos dispositivos como tolvas para transporte de granos, tanques y silos, en distintas maquinarias agrícolas, en estaciones meteorológicas, en aviones y en satélites para mapeo.

- Infraestructura para conectividad a distancia: nos referimos aquí a redes y antenas de comunicación de alto alcance y de conexión a Internet accesible a nivel rural, dispositivos de entrada y salida de datos inalámbrica para distancias cortas y largas; redes de fibra óptica para grandes volúmenes de datos, transmisores y procesadores electrónicos de datos en tiempo real (para sistemas DSP), etc., antenas y dispositivos de transmisión y adquisición de información satelital.

- Dispositivos electrónicos de uso común para comunicación, procesamiento y almacenamiento de datos como teléfonos celulares, laptops, palmtops, lectoras de códigos, analizadores de objetos, transmisores, receptores, etc.

- Dispositivos microelectrónicos para funciones específicas, en particular para la investigación biológica, como ser biochips para simular procesos biológicos, sensores microscópicos para introducir en plantas o animales.

### *c) Combinaciones hard-soft de los elementos anteriores*

Muchos de los componentes anteriores forman parte de sets de tecnologías que los combinan y potencian para utilidades más complejas, adaptadas a ciertas tecnologías de proceso propias de las actividades productivas y que son desarrolladas en función de una lógica de mercado. A continuación damos tres ejemplos de tecnologías de gestión productiva donde participan las AgroTIC en forma combinada:

1. Agricultura de Precisión: se trata de una ya conocida tecnología de gestión agrícola y a la vez un enfoque, basado en la máxima adecuación posible y optimización de los métodos operativos de laboreo de la tierra, de desarrollo de cultivos y de trabajo de la maquinaria agrícola, en relación con la variabilidad ambiental y física de los suelos y el clima, lo que ha generado una gran cantidad de herramientas hard y soft que se acoplan a las distintas clases de maquinaria con diferentes usos, como sensores adosados a algunas piezas de las máquinas; dispositivos con base en sistemas de posicionamiento global (GPS) como banderilleros satelitales y pilotos automáticos; monitores para visualizar características del terreno o ciertos indicadores de relevancia, como monitores de rendimiento de cosecha, de siembra y de pulverización.

La Agricultura de Precisión (AP) surgió en algunas universidades que hacen investigación agrícola en Estados Unidos, y su difusión cada vez más importante ha ido de la mano con el paquete tecnológico de los nuevos tipos de insumos, y según el mercado de la Siembra Directa, difundido en algunas zonas del continente americano (Estados Unidos, Brasil y Argentina principalmente).

En la actualidad existe un mercado recientemente desarrollado de dispositivos y sistemas independientes o vinculados a la maquinaria agrícola que va en expansión. Al tratarse de un “complejo tecnológico” que requiere de distintos componentes, y relativamente nuevo, la optimización de su uso aún se encuentra en una etapa incipiente.

2. Trazabilidad: en el marco de los cada vez más exigentes requerimientos de información sobre calidad, origen y procesos de manufactura que los consumidores de los países desarrollados tienen sobre los bienes alimenticios que compran, y de la consecuente tracción del eslabón de la gran distribución comercial a nivel mundial de tecnologías que permitan conocer esta información, agravado por ciertos episodios recientes de epidemias en la ganadería de Estados Unidos y algunos países de Europa (Mal de la Vaca Loca, Gripe Aviar), es que se difundió la trazabilidad, un sistema de gestión de la información que surge de los procesos productivos normales, que permite reconstruir el camino recorrido por los productos desde la primera fase de manufacturación.

En este sentido, las AgroTIC contribuyen a coordinar e integrar tecnológicamente a los agentes implicados en la cadena de valor de los bienes agroalimentarios, de tal forma que sea posible conocer la situación de los productos en cada momento según avanzan por la cadena, lo que contribuye a una mejor planificación de los recursos y a cumplir con los requisitos ya mencionados. Si bien la trazabilidad no es en sí el resultado de la aplicación de TIC, sino una tecnología de gestión de la información como tal, la aplicación de aquellas contribuye a sustentar la infraestructura de dicha gestión y a hacerla sustantivamente más ágil.

Los esquemas tecnológicos pueden ser distintos y variados de acuerdo al tipo de producto que se genera y al tipo de tecnología que se utiliza, lo cual aún se encuentra en una fase de definiciones, ya que la propia trazabilidad hoy en día se ha difundido sólo parcialmente en algunas cadenas de valor puntuales.

3. Bioinformática: la bioinformática es un instrumento de investigación y desarrollo de la biotecnología moderna, surgido de la acumulación de información que se fue dando en las últimas décadas en relación con los componentes y procesos biológicos; representa una nueva área que busca respuestas a preguntas de la biología utilizando la matemática, la computación y la estadística, y supone un conjunto de aplicaciones donde se combinan la informática, la biología y la química con el objetivo de investigar e intervenir en la constitución genética y molecular de organismos vivos.

La agricultura y la ganadería, así como la transformación industrial de sus productos, son uno de los tantos segmentos de aplicación posibles de la bioinformática, en particular asociado al desarrollo de especies vegetales y animales con diversas características mejoradas.

Esto implica que el trabajo de la bioinformática, al interior de las cadenas de valor de bienes de origen agropecuario, se desarrolla en laboratorios e incide en la generación de insumos previa a la etapa de producción primaria, pero con fuerte relación con las etapas posteriores. Si contamos además las innovaciones a nivel industrial, hay que tener en cuenta los desarrollos generados para algunas industrias agroalimentarias en cuanto a la producción de ingredientes alimentarios y al mejoramiento nutricional de ciertos bienes finales (tecnologías de producto), y en cuanto a la performance de ciertos procesos bioquímicos (tecnologías de procesos). Algunas de estas innovaciones han requerido la utilización de bioinformática en forma incipiente.

127

Aplicada al segmento AyA, esta tecnología supone desarrollar sistemas e infraestructuras que soporten dichas actividades de investigación y desarrollo biotecnológico.

Dos actividades centrales de la investigación biológica que usan a la bioinformática como herramienta son la genómica y la proteómica. La genómica es aquella que se puede realizar la secuenciación y el análisis de ADN, genes y transcritos (ARN) de un organismo. Por su parte, la proteómica analiza el conjunto de todas las proteínas del organismo o proteoma. Además de estas, hay muchas otras áreas de aplicación en la biología, pero estas son quizás las principales que se vinculan con este segmento final de aplicación.

En tales términos, la bioinformática está compuesta principalmente por tres subáreas o aplicaciones: a) el análisis estructural (predicciones, comparaciones y clasificaciones de estructuras de proteínas y ácidos nucleicos), b) el análisis de secuencias (comparación de genomas, alineamiento de secuencias, búsqueda de secuencias en bases de datos, descubrimiento de motivos genéticos, predicción

de genes y promotores, y filogenia) y c) el análisis funcional (modelamiento de caminos metabólicos, perfilado de expresión de genes, predicción de interacciones proteínicas). Estos campos de aplicación se plasman en las dos mencionadas áreas de la biotecnología (genómica y proteómica), y suponen tanto el desarrollo de software como una infraestructura física de almacenamiento, visualización y comunicaciones atendiendo a los siguientes aspectos:

- La necesidad de diseñar y desarrollar grandes bases de datos (Ontologías y nomenclaturas, bibliografías, taxonomías, secuencias de ADN y de proteínas, genes, estructuras de proteínas, "caminos bioquímicos", enzimas, expresiones genéticas, interacciones, genomas o partes de genomas, etc.).
- Desarrollar herramientas para consultar y analizar las bases de datos en servidores (algoritmos, programas, herramientas estadísticas, herramientas analíticas para predecir, crear mapas genéticos, modelar y visualizar estructuras, etc.).
- La necesidad de diseñar y desarrollar interfaces que agrupen diferentes herramientas y permitan contestar preguntas más complejas.
- La existencia de diferentes perfiles y niveles de usuarios.

Todo esto requiere además, que haya interoperabilidad y comunicación con otras bases de datos, lo que tiene importantes implicancias de conexión por Internet y actualización permanente de datos a gran escala.

128

Actualmente, las aplicaciones más conocidas de la bioinformática a la actividad agropecuaria se han dado principalmente en iniciativas alrededor de los siguientes objetivos:

- Confección de mapas genómicos de diferentes organismos.
- Mejoramiento de especies para resistencia a determinados insectos o productos (como en el caso de la soja resistente al glifosato).
- Mejoras en la calidad nutricional de algunas materias primas alimentarias (como el arroz con mayor vitamina A).
- Desarrollo de variedades de cereales con mayor resistencia a sequías y otros estragos.

#### **4.2.2. Justificación de una política de promoción**

La aplicación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el funcionamiento de las cadenas de valor de bienes y manufacturas de origen agropecuario (AgroTIC) aparece como un área estratégica a promover en función de varias razones, que presentaremos desde lo más general a lo específico:

- Balance macro-microeconómico: las crisis económicas cíclicas más profundas de la Argentina –y de otros países de Latinoamérica– en los

últimos cincuenta años se manifestaron como crisis del sector externo, en la balanza de pagos, en el contexto de una industria nacional fuertemente orientada en términos generales hacia el mercado interno, y protegida por aranceles. Por lo tanto, como marco general, una política sectorial orientada hacia el sector externo, en lo posible hacia su internacionalización, contribuiría a proveer esta base de sustentabilidad del crecimiento allí donde la coyuntura internacional no sea favorable, al tiempo que cuando sí lo es brinda una oportunidad para consolidar el desarrollo del sector y del sistema socio-económico que gira a su alrededor. Esto marca lo indispensable que resulta para el país apoyar este tipo de industrias, tanto para generar divisas como para mantener niveles de competitividad a escala internacional, que pueda atravesar eventuales ciclos descendentes y tomar ventaja de los ascendentes.

- En el marco del punto anterior, el hecho de poseer hoy en día un sector local de innovación ya existente y en desarrollo, relevante a nivel económico, con una alta tasa de crecimiento, bajos requerimientos de inversión en capital fijo, y con un porcentaje de ingresos provenientes del comercio exterior ciertamente significativo –cercano al 30%– hace factible pensar en apoyar económicamente una política industrial destinada a promoverlo, ampliando en el mediano plazo las fuentes de riqueza y teniendo en cuenta además las ventajas que generaría como sinergias en otros sectores y en la dimensión socio-económica. Lo interesante de toda política de promoción sectorial es que se apoya en las potencialidades existentes en la economía –y no en las carencias– como criterio básico para orientar las prioridades de asignación de recursos para las inversiones.
- En particular, el fomento de una industria de TIC aplicadas a un sector esencial como es para la Argentina el conjunto de cadenas productivas agroindustriales –básicamente como tecnologías de proceso– puede mejorar la posición competitiva del país en este segmento a nivel de costos, ganancias de eficiencia y de productividad en el mercado internacional, así como captar rentas tecnológicas adicionales respecto de los servicios que actualmente se proveen al exterior, pudiendo generar una marca país que se potencie a través de las sinergias entre un sector y otro. Por otra parte, la inversión a nivel de infraestructuras, formación de recursos humanos, centros de investigación y los modelos de gestión de la información agropecuaria pueden contribuir como base para desarrollar otros segmentos verticales.
- Del lado del Estado, las AgroTIC pueden favorecer una mayor comprensión y precisión en las evaluaciones del riesgo, toma de decisiones políticas más oportunas para enfrentar enfermedades y plagas, una mejor gestión de los procesos de comercialización, mayor efectividad en el acceso a mercados y abre nuevas posibilidades para brindar servicios públicos a las comunidades rurales, tales como educación, salud y banca. También las TIC pueden constituir el medio para fortalecer la gestión

del conocimiento intersectorial para orientar las estrategias y acciones de intervención y el soporte para desarrollar sistemas de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos eficaces y eficientes.

- Otro factor es la utilidad que representa como “laboratorio” de pruebas y como mercado el propio sector agropecuario y agroindustrial local para habilitar el desarrollo y/o la consolidación de una oferta tecnológica y empresarial que pueda generar productos y servicios verticales exportables, y un modelo de gestión de tecnología aplicada también exportable a otros países con economías agrícolas, cuyo formato específico resta definir.
- Por último, es importante destacar los efectos colaterales positivos –o externalidades– que supone el desarrollo de una infraestructura material de soporte a un proyecto de estas características, así como la coordinación institucional que implica y la conformación de un capital social que, todo lo cual, generaría importantes ventajas para el desarrollo de otros segmentos verticales de aplicación TIC. El hecho de que el segmento de aplicación sea un sector clave para Argentina como el AyA, permitiría que, en la medida en que un plan de promoción funcionara con cierto éxito, provocase un “efecto ejemplo” o funcionase como nave insignia para otras iniciativas en este campo.

130

Finalmente, hay que enfatizar que el desarrollo sostenible del sector agropecuario mismo, está fuertemente relacionado con lograr una modernización de la agricultura que le permita ser competitiva en los mercados, sustentable en el manejo de los recursos naturales, equitativa e incluyente en la distribución de sus beneficios, de manera que contribuya a la gobernabilidad de la sociedad, para que el modelo se pueda sostener en el tiempo.

En pos de que la agricultura argentina continúe siendo competitiva en el mercado internacional debe poder responder a las exigencias que se le plantean a sus productos para acceder a los mercados internacionales en términos de los factores precio (para lo cual debe ser eficiente) y no precio (calidad, presentación, oportunidad, cumplimiento con estándares ambientales y probablemente en un futuro próximo con estándares sociales, etc.). Por otro lado, tiene que ser rentable, para que justifique una adecuada retribución al esfuerzo productivo; flexible, para que se adapte a las condiciones cambiantes del entorno y de la demanda; innovadora, para incorporar crecientemente el conocimiento como una forma de mejorar continuamente los procesos productivos, de conservación, de distribución y aumentar la variedad y diversidad de productos.

En esta nueva dinámica (agronegocios), la información es un nuevo activo de la producción y un verdadero recurso estratégico. La inteligencia de mercados es facilitada por las nuevas tecnologías de información. En la era del conocimiento, el acceso oportuno a la información es indispensable para que el sector AyA sea competitivo en la oferta de bienes y servicios al mercado. El contar con información oportuna se traduce en productos y servicios de alta calidad, en una mayor

competitividad, en una adecuada toma de decisiones, y consecuentemente, en el desarrollo que el país busca.

Las sociedades transitan aceleradamente hacia una economía en la cual el conocimiento irrumpe como el principal activo para el desarrollo. La comunidad del sector agropecuario y la vida rural no puede quedarse rezagada de esta realidad y tendencia mundial: es fundamental potenciar el conocimiento como recurso estratégico para concretar los objetivos del desarrollo sostenible de la agricultura, la seguridad alimentaria y la prosperidad rural.

### 4.2.3. Mercado local y externo

#### a) Mercado Local

En combinación con la difusión masiva de herramientas de TIC cada vez más sofisticadas, con mayor capacidad de procesamiento e intercomunicación a través de las distancias geográficas, se ha abierto un mercado de aplicaciones verticales muy heterogéneo, que varía en función de su escala, modelo de negocio y posición en la cadena de valor. A continuación mencionamos los principales:

- la industria de insumos agrícolas y ganaderos;
- la industria de maquinarias agrícolas;
- los centros de investigación y desarrollo agropecuarios;
- los productores y empresas agropecuarias, en todas sus formas;
- aquellas actividades de coordinación logística de la cadena productiva de bienes de origen agropecuario (transporte, almacenamiento), que pueden estar integradas o no a las actividades de las empresas integrantes de la cadena;
- los eslabones de comercialización e intermediación de bienes y mercaderías en las diferentes interfases de las cadenas de valor AyA (consignatarios de hacienda, acopiadores de cereales, corredores de granos, abastecedores de carne);
- las industrias de transformación de materias primas en bienes agroindustriales o en insumos para la fabricación de otros productos, alimentarios o no;
- la industria de servicios a la producción (profesionales, contratistas);
- la actividad regulatoria del sector.

Considerando las dificultades que existen para conocer cabalmente la población agropecuaria del país en función del atraso de la fuente (la última medición oficial fue el Censo Nacional Agropecuario realizado en 2002) y la metodología utilizada en dicho relevamiento –la unidad de análisis es el Establecimiento Agropecuario (EAP)– podríamos sostener que el mercado *potencial* de productores locales estaba constituido a la fecha del Censo por 333.533 EAPs (que pueden o no coincidir con el número de productores en tenencia de dichas tierras). La consideración es que la cantidad de productores de relevancia (es decir, no orientados al autoconsumo y con escalas productivas de un tamaño mínimo

sustentable como negocio agropecuario) es sensiblemente menor a esa cifra, de acuerdo a las estimaciones que se manejan, y al hecho de que un porcentaje no menor de EAPs están en manos de los mismos productores.

De todos modos, podemos afirmar que existen algunos estratos de empresas agropecuarias dentro de este universo (por importancia económica y modelo de gestión de la producción), donde podemos reconocer principalmente a tres:

- Empresas agropecuarias grandes o medianas, que administran y “coordinan” la producción de materias primas con un fuerte rasgo empresarial, inversión de cartera y bajo hundimiento de capital fijo, mayoritariamente orientada a la producción agrícola. Este esquema define un modelo de negocio con el control de grandes extensiones de tierra y de producción y alta flexibilidad a los cambios (en particular en la agricultura).
- Productores agrícolas independientes: con una escala muy variable según su eventual manejo de tierras ajenas y según la ubicación geográfica, son la amplia mayoría numérica.
- Productores ganaderos (para carne y leche): con predominio numérico de los productores de ganadería de carne, éstos se dividen principalmente en criadores e invernadores. Además hay que agregar a las cabañas, que aportan la genética de la reproducción. En cuanto a la lechería, en Argentina existen actualmente entre 13 mil y 15 mil tambos.

132

En relación con los contratistas de maquinaria agrícola (es decir, los proveedores de servicios de siembra, pulverización y cosecha), la única estimación realizada –no hay mediciones oficiales sobre prestadores de servicios agrícolas– afirma que en Argentina existirían alrededor de 75 mil contratistas. Son éstos, quienes a través del uso de maquinarias agrícolas, demandan buena parte de la tecnología incorporada, ya que su esquema de negocio se basa en la rápida amortización de los bienes de capital que adquieren (las maquinarias) mediante la mayor cobertura posible de hectáreas servidas y, de acuerdo al tipo de transacciones predominante (a porcentaje), con los mayores requerimientos de tecnología para bajar costos operativos y aumentar la productividad.

Otro de los mercados es el conjunto de empresas agroindustriales instaladas en nuestro país, las que varían fuertemente en tamaño y número según el sector del cual se trate.

En la cadena de ganados y carnes (GyC) existen alrededor de 400 empresas frigoríficas en situaciones muy heterogéneas respecto a la incorporación de tecnología. Es posible que un núcleo menor de estas empresas (alrededor de 80) cuyas plantas están habilitadas para la exportación requiera tecnología y de hecho muchas de éstas ya han incorporado sistemas de trazabilidad interna, aunque están escasamente automatizadas, y la logística no siempre está bien aceiteada y explotada. Las plantas y empresas con orientación al mercado interno trabajan

con importantes márgenes de informalidad y hoy por hoy no cuentan con importantes incentivos para digitalizar y abrir la información. Sí es posible ver un nicho en aquellas empresas locales cuyas plantas están habilitadas para exportar.

El sector lácteo está conformado, además de los 15 mil tambos –a los que incluimos entre los productores, pero que tienen requerimientos tecnológicos diferenciales respecto al resto–, básicamente por cerca de 800 plantas industriales claramente diferenciadas entre una mayoría absoluta de pequeñas usinas lácteas de tipo artesanal, pertenecientes a pequeñas empresas dedicadas básicamente a la producción quesera; un conjunto de empresas medianas especializadas en productos sólidos (leche en polvo y quesos industriales), con buenos estándares tecnológicos y orientadas a la exportación o bien a nichos específicos del mercado interno, y un núcleo de cinco grandes empresas, de tipo multiplanta y multiproducto, dos de las cuales son nacionales y tres son filiales de multinacionales. La relación con la tecnología es, en términos relativos, directamente proporcional a la escala, por lo que el estrato de pequeñas empresas, de carácter familiar y de alta participación en el circuito informal, pareciera poco propenso a requerir TIC.

El sector local de empresas demandantes de granos y oleaginosas es uno de los más competitivos del mundo (principal exportador mundial en soja y girasol), aunque altamente concentrado, en la parte de molienda y refinamiento para aceites y derivados (alimenticios o no), en unas pocas grandes empresas (6) que concentran más del 80% de la capacidad instalada de molienda a nivel nacional y se encuentran geográficamente también concentrados en el cinturón industrial entre Rosario y Buenos Aires. A nivel intermedio entre el sector primario y la industria de molienda y refinamiento para aceites y derivados se encuentra el sector de acopio, mucho menos concentrado que el industrial (cerca de unas 1000 empresas), pero que tiene importantes requerimientos de coordinación, logística, transporte, acondicionamiento y almacenaje de granos, y que es heterogéneo en términos de composición por tamaño, tipo de empresa y ubicación geográfica. El acopiador es un eslabón clave dentro de la cadena de granos y oleaginosas.

Del lado de la provisión de insumos y herramientas, la red de potenciales clientes es también compleja. El esquema de oferta actual está caracterizado por: i) un número muy acotado de empresas multinacionales con una fuerte espalda económica dedicadas básicamente a la gestación de semillas genéticamente modificadas y a su producción, en nuestro país, bajo un esquema doble de reproducción propia o tercerización, complementado por empresas de semilleros locales más modestas en términos de recursos, equipamiento y masas críticas de investigadores, que reproducen las variedades certificadas y desarrollan algunas nuevas por hibridación; ii) asimismo una tendencia muy fuerte a conformar ofertas tanto de semillas como de fertilizantes y paquetes completos de herbicidas y biocidas, bajo el concepto de paquetes integrados de semillas y agroquímicos que se ofrecen en “centros de servicios” distribuidos regionalmente; iii) una creciente incorporación de los canales comerciales como parte de las actividades de las empresas productoras de semillas.

Aquí vemos una doble posibilidad de inserción de las TIC en la medida en que, por un lado, los semilleros locales no estén ampliamente informatizados, y por otro, que la biotecnología para semillas tenga algún avance en la relación entre centros de investigación locales y los semilleros. Las empresas multinacionales no cuentan aquí con amplias capacidades de investigación y desarrollo sino más bien de comercialización de variedades producidas en otros países.

En lo que hace a maquinaria agrícola, contamos aquí con un mercado de poco más de 700 empresas, básicamente fabricantes locales, y algunas filiales comerciales de empresas multinacionales que eventualmente –como en el caso de la planta de motores de John Deere– tienen alguna planta industrial en funcionamiento, pero que básicamente no desarrollan otras actividades en nuestro país. De esas 700 empresas, aproximadamente un 40% se dedican a fabricar maquinaria autopropulsada y compleja (tractores, cosechadoras, sembradoras, pulverizadoras, rotoenfundadoras, acoplados tolva, mezcladoras de forraje y granos, equipos para lechería, etc.), un 35% desarrolla agropartes para originales y repuestos (componentes de maquinaria agrícola) y un 25% fabrica implementos complementarios.

Sin duda que la inserción de las TIC en el mercado de maquinaria agrícola ya ha comenzado en Argentina, y que la principal vía a través de la cual ha ingresado es la Agricultura de Precisión. En este sentido, si bien hay avances en la incorporación de estos dispositivos, en el caso de las empresas nacionales, éstos son opcionales y su fabricación está tercerizada principalmente a pymes importadoras de tecnología, y en menor medida especializadas en su fabricación. En Argentina hay poco más de una quincena de empresas locales que cumplen la función de proveer esos servicios y productos.

En el caso de las multinacionales extranjeras de maquinaria instaladas en Argentina, la fabricación suele estar integrada en la empresa y como parte del mismo producto, aunque es fabricada en otras locaciones (Estados Unidos, Alemania, Brasil), y en la comercialización el *kit* de la Agricultura de Precisión es utilizado como mecanismo para favorecer la reposición de la maquinaria completa –sólo es instalada en determinados modelos nuevos–.

Los actores que han motorizado esta difusión de la AP son sin duda los proveedores de servicios agrícolas al productor primario, es decir los contratistas o empresas de servicios (según la escala y el grado de integración de actividades), principales clientes de la venta de maquinarias, entre los cuales un núcleo menor de contratistas han adquirido gran escala e integrado el negocio horizontal y verticalmente y se han posicionado como referentes empresariales y de adopción de nuevas tecnologías. Además son casos ejemplares para otras empresas de servicios o contratistas particulares, como difusores de estas tecnologías dentro de una red de relaciones sociales de la que forman parte, tanto productores primarios asociados en redes (como AACREA, AAPRESID y APROCABOA) como asesores profesionales (ingenieros agrónomos y veterinarios), y otros técnicos y productores que trabajan en torno a institutos de investigación regionales (como las estaciones experimentales del INTA y las sociedades rurales regionales). Y por

ello es que se constituyen en actores clave para la difusión de tecnología a través de sus relaciones comerciales.

Por otra parte, se han difundido en el mercado local de manera incipiente una serie de sistemas de administración agropecuaria para productores primarios agrícolas (pequeños sistemas de gestión con diversos grados de integración, algunos de ellos, enlatados) o para empresas agroindustriales (los sistemas ERP), ya sea para las grandes procesadoras de alimentos (los cuales incluyen interfaces a diferentes módulos para organizar la actividad de las empresas en sus distintas áreas), o bien para empresas de comercialización, intermediación logística y almacenamiento de mercaderías, como acopiadores de cereales, consignatarios de hacienda, corredores de cereales, etc., que constituyen un mercado bastante significativo hasta el momento.

Cerca de cuatro o cinco empresas locales de AgroTIC dominan hoy este nicho, funcionando bajo una lógica a medio camino entre producto y servicios (pos venta) a los clientes. Fuera de este núcleo existe una gran cantidad de pequeños sistemas de gestión operativa y/o administración agropecuaria resultado de emprendimientos de escala micropyme que usualmente tienen la lógica de productos enlatados y que son aquellos que tienen menor inserción en el mercado. Existen alrededor de entre veinte y treinta empresas de esta clase sólo en la Región Pampeana que poseen algún producto de este tipo y que, o bien no cuentan con magnitud económica significativa, o el producto es una parte menor o muy parcial de su oferta de productos y servicios.

Luego, otras cinco o seis empresas, algunas de capital nacional (orientadas a este nicho) y otras de capital extranjero (multisectoriales) han logrado insertar sistemas de información geográfica aplicados en forma incipiente a clientes diversos, dentro de la cadena agroindustrial bajo la lógica de una venta inicial y luego servicios o módulos posteriores (plug-ins) adecuados a las necesidades de cada cliente.

Luego se han posicionado en este tema una serie de consultoras agropecuarias o de tecnología agropecuaria que se encuentran a medio camino entre formar parte de la demanda o de la oferta, según el enfoque que se aplique. Algunas de éstas requieren TIC para sus propias tareas profesionales de asistencia a productores, y otras los comercializan como parte de la venta de sus servicios pero tercerizan el desarrollo de dichos sistemas a otras empresas de informática que trabajan bajo el esquema de *software factory*. Estas consultoras funcionan en algunos casos como un difusor de AgroTIC, más allá de la densidad tecnológica de los sistemas adheridos a sus servicios.

Algo similar ocurre con respecto a las diversas tecnologías para gestionar la trazabilidad –que hoy en día se ha difundido escasamente en la Cadena de Ganados y Carnes Bovinas, por un lado, y en algunas cadenas frutícolas–, en cuanto a que se han desarrollado empresas y entidades que ofrecen la trazabilidad como un servicio al que se adosa un “set” tecnológico que incluye sistemas *soft* y dispositivos *hard* en red, los cuales son contratados al mercado de empresas de *software*

*factory*. Estos esquemas hoy en día presentan problemas de crecimiento en Argentina, ya que, por un lado, la trazabilidad misma como sistema de gestión de la información está muy limitada debido a dificultades de coordinación de la información a nivel de las cadenas productivas de bienes agroalimentarios, y por otra parte, aún no está claro cuál será la tecnología asociada a estos sistemas de gestión que predomine en el futuro. En cuanto al primer punto, el resultado es que, ante la ausencia de políticas gubernamentales en este sentido, las varias iniciativas que existen en la actualidad en torno a la trazabilidad se restringen a circuitos privados de consorcios de productores y empresas del eslabón industrial y comercial, que ofrecen la trazabilidad como un valor agregado a la producción que generan, con marcas de origen y/o certificaciones, y que operan con tecnologías cuya compatibilidad con otros sistemas no está probada. En Argentina existen cerca de cinco o seis iniciativas en este sentido, a nivel público y privado.

Respecto del acceso a Internet, hoy en día en Argentina existen importantes carencias de infraestructura rural en zonas periféricas y en algunas zonas también centrales; esto ha incentivado la difusión por parte de algunas empresas de telecomunicaciones o por parte de consorcios de empresas informáticas y electrónicas de sistemas de conexión inalámbrica en conjunto con dispositivos para acceder a dichos beneficios, con lo cual la red de conectividad hoy está circunscripta a quienes pueden pagar por esos servicios a costos altos.

136 En términos geográficos, y en lo que hace a la Región Pampeana, por lo general, la mayoría de las empresas de AgroTIC se encuentran o bien en las grandes ciudades cercanas a la producción agropecuaria o los puertos de salida de las exportaciones de agroalimentos (Rosario y AMBA), o bien en ciudades entre pequeñas y medianas dispersas por toda la región, y que se vinculan básicamente con la demanda, como ser en Junín, Pergamino, Tandil, Rafaela, Sunchales, Villa María, Bell Ville, Laboulaye, Marcos Juárez y otras.

### *b) Mercado Global*

Si bien hoy en día no hay demasiada información producida sobre este segmento, el mercado internacional de AgroTICs encuentra una heterogeneidad de situaciones en cuanto a la difusión de las TIC en este tipo de sector productivo. Existen algunos estudios recientes centrados en el sector primario que demuestran que la adopción de TIC por parte del conjunto de productores agrícolas y ganaderos en Europa y Estados Unidos dio un salto inicial entre fines de los 90 e inicios de la presente década, desde un 10-15% a un 40-45% en términos generales, y a la fecha se estima que estaría en un 60% aproximadamente. Esto quiere decir sólo que se trata de productores que utilizan computadoras y en algunos casos hacen uso de Internet.

En principio, los principales mercados mundiales parecerían estar en aquellos países con sectores agrícolas relevantes, y que deben buscar atributos de competitividad, ya sea por parte de políticas proactivas o como parte de mecanismos de igualación o compensación. Entre todos estos, Estados Unidos, Nueva Zelanda,

Australia, Canadá y algunos países de la UE (Francia, Italia) son claros ejemplos, si bien el ingreso a estos mercados se plantea como de difícil ingreso, Estos países se encuentran desarrollando políticas activas de difusión de AgroTIC.

Otro grupo a considerar son los países de la ex Unión Soviética que ingresan con fuerza al mercado mundial con un rol fuertemente vinculado a la producción de materias primas agrícolas, como Rusia, Ucrania, Kazajistán, Uzbekistán y otros. Aquí hay un largo mercado por ganar, si bien a la vez existirá aquí una fuerte competencia por parte de países como Israel, Irlanda, India y Pakistán (en particular el primero), con sectores TIC muy desarrollados y claras ventajas geográficas. Una oportunidad se presenta en relación con la exportación de maquinaria agrícola argentina, que ha ingresado a algunos de esos países.

Sin embargo, donde parecería más posible para Argentina penetrar con una oferta de AgroTIC es en países de América Latina, donde los sectores AyA se encuentran en crecimiento, y existe una clara ventaja relativa geográfica, como el caso de Brasil, Uruguay, Venezuela y Colombia. Aquí los márgenes de informatización –si bien no hay muchos estudios del caso– parecen más bajos, y es posible ingresar con tecnologías de este tipo a través del acople a otros productos y servicios de exportación agroindustrial en los que Argentina ya posee una presencia significativa.

#### **4.2.4. Mercado local y externo**

137

A pesar de la demanda potencial que implica el desarrollo y crecimiento reciente del sector agropecuario y agroindustrial argentino, todavía la oferta local de software y servicios informáticos dedicada a este segmento presenta algunas dificultades de articulación. Esto se explica por la complejidad del proceso de adopción de tecnologías de la información por parte de los empresarios del sector, que se han mostrado parcos a la incorporación de tecnologías donde los retornos de la inversión resultan difusos y obligan a fuertes cambios organizacionales.

No obstante, como ya hemos mencionado algunos vectores tecnológicos han precipitado la incorporación de este tipo de tecnologías, por ejemplo las herramientas TIC aplicadas y montadas a la maquinaria agrícola. No obstante, en este caso, la fuerte presencia de empresas (y productos) extranjeros en el mercado y la tendencia a la integración vertical de las empresas extranjeras de maquinaria agrícola conducen a que en este subsegmento (clave en tanto sea difusor en el sector) la presencia de empresas locales de SSI sea reducida.

En otros vectores de difusión, como ser la informatización de los procesos de gestión operativa, evaluación y análisis de rendimientos e incluso sistemas de trazabilidad, la presencia de actores locales ha sido más relevante.

En el corto plazo, la difusión de AgroTIC en Argentina parece estar dificultada en principio por una serie de factores, algunos de orden más exógeno a la situación

del sector agropecuario y agroindustrial local, y otros más endógenos, entre los cuales intentaremos destacar algunos de los más significativos, focalizando en el sector primario, ya que es el eslabón donde más aparecen estas dificultades:

- Así como a nivel privado se presentan estas dificultades, a nivel público-estatal el principal impedimento radica en que a la fecha no se manifiesta una **política de incentivos** sobre AgroTIC, ya sea como estímulos a la creación de una oferta o bien a la difusión del uso de dichas tecnologías por el sector privado, como tampoco a través de modificaciones en las normas y en la forma de establecer las relaciones regulatorias con los actores privados del sector, con excepción de algunas experiencias en organismos como el INTA (sólo a nivel de algunas estaciones experimentales) o como el SENASA.
- Cierta **aversión idiosincrásica a incorporar tecnología informática** por parte de algunos estratos de productores primarios más ligados a rasgos tradicionales de las empresas familiares, en particular en la ganadería (donde el modelo de contratista no está difundido y el propio dueño-productor es quien maneja, directa o indirectamente la gestión operativa y administrativa de las explotaciones). Esto varía –en este sólo aspecto- también de acuerdo a algunos otros sub-factores como el rango etario de los productores y la relación del productor con el manejo de otras tecnologías “adyacentes” (uso corriente de PC, internet, celular y palmtop). Adicionalmente, en un marco donde la volatilidad histórica de los ciclos de crecimiento económico ha permeado las conductas empresariales hacia una visión de corto plazo respecto de la expectativa de ganancias, se evidencia una falta de percepción de retorno a la inversión por parte de los productores frente a las AgroTIC. En algunos casos estos consideran a las TIC como un gasto en tiempo y dinero cuya “invisibilidad” –en el sentido de que muchas veces el producto o servicio no es del todo palpable físicamente– oscurece los beneficios que se manifiestan en el mediano o largo plazo, con el agravante de que además implica un proceso de aprendizaje organizacional que en la mayoría de los casos genera ciertas resistencias. En lo que hace particularmente a la ganadería láctea de por sí es una actividad más proclive a la innovación por las características inherentes al proceso de generación de la materia prima en las actuales condiciones tecnológicas. Los ajustados márgenes y la gran cantidad de indicadores y mediciones necesarias referidas a la producción misma de leche hacen más probable que este tipo de productor pueda estar en términos generales más cercano a la adquisición de TIC. De todos modos no escapa tampoco a la realidad ganadera // economías regionales: varía de acuerdo a la relación con fruticultura.
- Otro factor que supone una barrera es la presencia considerable de  **circuitos de economía informal**, que hace que la transparentación de cierto tipo de información resulte inconveniente en función del esquema de negocios de muchas empresas, con mayor acento en la cadena de gana-

dos y carnes, donde se manejan tecnologías de gestión menos modernas que en agricultura y lácteos, y con menores márgenes de ganancia. Esto es un ejemplo de las dificultades que experimenta la trazabilidad como mecanismo de gestión para ser difundido.

- También se debe hacer notar que muchas de las organizaciones simplemente tienen un **desconocimiento** de los alcances de dichas herramientas tecnológicas porque no hay un extensionismo que las promueva, salvo a nivel de ciertas organizaciones privadas de productores asociados como AACREA, APROCABOA y otras organizaciones de fomento en el contexto de las economías regionales.
- **Entorno físico:** problemas de infraestructura básica (luz, teléfono) o tecnológica (Internet) en algunas áreas fuera de los núcleos productivos principales, que hacen difícil generar un contexto favorable. De la misma manera, la penetración de la cobertura de Internet, celulares y otras tecnologías adyacentes en las comunidades y ciudades pequeñas y medianas puede estar impactando indirectamente.

La competitividad de las empresas AyA en el mercado internacional –subordinada a la capacidad de asociarse e integrarse, al logro de altos niveles de eficiencia productiva, a una estrategia de agregado de valor al producto y a la internacionalización de la comercialización– se traduce a su vez en crecientes demandas de tecnologías que cooperen con la gestión de la información, tecnologías que no siempre están disponibles para todos los actores de la agricultura, con lo cual se corre el riesgo de ampliar la brecha tecnológica entre los que pueden y tienen acceso a la oferta tecnológica y aquellos que no pueden, ni tienen acceso, pudiendo por esto verse excluidos del mercado.

139

Hasta la fecha no existen estudios formales sobre demanda y oferta de AgroTIC para nuestro país; por ello la ponderación de estos factores como barreras tiene el carácter de aproximativo.

El único relevamiento en este sentido que está siendo llevado adelante a la fecha de este documento tiene algunos resultados provisionales.<sup>20</sup> La siguiente información hace referencia a los resultados preliminares de una encuesta aplicada a empresas de Software y servicios informáticos que ofrece productos y servicios al sector de AyA.

En ella fueron consideradas empresas especializadas en este segmento de demanda (en promedio el 85% de sus ventas y el 90% de sus clientes están concentrados en el sector de AyA. No obstante, se conoce de un número importante de firmas (locales y extranjeras) que ofrecen soluciones al sector de AyA de forma marginal.

La oferta de SSI para el sector de AyA está constituida por empresas relativamente jóvenes de menos de 10 años de antigüedad. Se trata de empresas de pequeño porte, con una facturación anual que no supera los \$ 750.000 y de no más de

---

20 Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento.

30 ocupados. En los últimos años estas empresas han experimentado importantes procesos de crecimiento lo que ha conducido a que las mismas han debido tercerizar parte de sus desarrollos.

En general las empresas se consideran conformes con el éxito obtenido en este segmento de la demanda, aunque destacan que sus clientes tienden a subutilizar sus productos. La vinculación con la demanda ha resultado clave tanto para el surgimiento de las empresas así como para el desarrollo de sus principales productos. En la mayoría de las firmas hay personal estable con conocimiento específico del sector. Del mismo modo, las empresas ponen de manifiesto la importancia de la relación con los clientes en el desarrollo de sus productos para AyA.

Se trata de firmas proclives al establecimiento de vinculaciones, tanto con cámaras y asociaciones como con departamentos de ciencia y técnica y universidades, con amplios objetivos en las vinculaciones, tanto tecnológicos como comerciales. Si bien la definición misma de innovación en el sector de SSI es un tema controversial, es indudable la alta relevancia que le otorgan estas empresas a las actividades de I+D. Un ejemplo objetivo de esta situación es el rango de la tasa de inversión en actividades (monto sobre facturación) de I+D declarado por estas firmas se sitúa entre el 15% y el 30%.

140

La oferta desde la perspectiva de la industria de SSI está muy diversificada. La mayoría de las empresas ofrece una combinación de productos y servicios o exclusivamente servicios informáticos. El grueso de los desarrollos se concentra en (i) sistemas de gestión empresarial; (ii) sistemas de planificación y optimización de recursos y (iii) desarrollos a medida y con menor importancia aparecen (iv) los servicios de consultoría y/o capacitación técnica y (v) los desarrollos de aplicaciones web y servicios on line. Las áreas de aplicación se concentran fuertemente en (i) gestión y control operativo, (ii) evaluación y análisis de rendimientos y (iii) toma de decisiones productivas y estratégicas. De esta forma cuatro de las cinco áreas de aplicación de mayor relevancia no son específicas del sector AyA (a pesar de que puedan requerir desarrollos específicos) y están vinculadas con los desarrollos que con mayor frecuencia se observan en la oferta de SSI local a saber, sistemas de gestión empresarial y servicios de consultoría (López 2006).

En lo que respecta al subsegmento de demanda al que dirigen sus desarrollos las empresas locales, se observa en primer lugar una relativa especialización por empresa y en segundo lugar una mayor oferta de productos y servicios para la agricultura extensiva y la ganadería (ya sea cárnica o láctea). Y la localización geográfica de sus ventas se concentra en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. En general estas empresas no realizan exportaciones de productos y servicios desarrollados para el sector de AyA, aunque en su gran mayoría espera poder realizar exportaciones en los próximos años.

El perfil tecnológico de la oferta local de SSI para el agro se caracteriza por su nivel medio o alto con predominio de las tecnologías que dominan el mercado (Visual Basic, .NET y Java). La presencia de empresas que desarrollan en C, C++

y visual C++ indica que la oferta está relacionada con desarrollos para periféricos y dispositivos de medición y control, como sensores y con desarrollos para pocket pc. Por último, una característica destacable es la baja presencia de desarrollos en tecnologías como Cobol y Xbase, lo que pone de manifiesto la ausencia de sistemas legacy que demanden soportes en esas tecnologías.

La gestión de RRHH es un área crítica para estas firmas, predominan entre sus desarrolladores los estudiantes de carreras afines aunque la fuerte competencia por RRHH tiene duros efectos sobre la tasas de rotación de sus profesionales e impacto sobre el precio final de sus productos y servicios. Algunos empresarios manifestaron preocupación al respecto, ya que les resulta difícil explicarles a sus clientes los costos de un desarrollo específico, lo que conduce a largas negociaciones.

Dentro de los elementos del entorno de negocios que estas empresas perciben como amenaza están justamente los costos laborales y la calificación de la mano de obra, la disponibilidad de RRHH y la estructura impositiva. Mientras que las debilidades más frecuentes de estas empresas son los sistemas de comercialización, la ingeniería de software y la escalabilidad de sus soluciones.

#### **4.2.5. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a corto y mediano plazo**

- Conectividad ubicua (móvil y fija) para la transmisión de información en cualquier punto geográfico. Redes, protocolos de comunicación e interfaces entre distintas clases de información.
- Redes unificadas de bases de datos y sistemas de información agrometeorológica y ambiental de acceso público.
- Soluciones integradas y ubicuas de gestión para el agro: transacciones comerciales a distancia en tiempo real sobre paneles virtuales, presentaciones de documentación, impuestos y declaraciones completamente digitalizadas, búsquedas de información específica de mercado dentro del rubro, registros públicos de empresas.
- Agricultura de precisión: Mayor sensorización, mayor interoperabilidad entre datos y dispositivos “duros” de distinta naturaleza como GPS, sensores, software embebido en máquinas y herramientas, estaciones meteorológicas, teléfonos móviles y otros dispositivos de comunicación.
- Sistemas de soporte a las decisiones: Complejos integrados de servicios tecnológicos y productos personalizables según clientes, compatibles con otras redes y tipos de información, incluyendo sistemas de simulación y GIS. Sistemas más amigables, unificados e interoperables con múltiples fuentes de información.

- Calidad y seguridad alimentaria: Sistemas unificados de trazabilidad con un sólo tipo de dispositivos asociados dominando el mercado mundial y local. Sistemas de software de administración de las bases de datos y gestión de la información asociados a los sistemas de gestión corrientes.
- Desarrollo, integración y administración de bases de datos bioinformáticas orientadas a la agrobiotecnología, sus infraestructuras, bibliotecas, estándares y aplicaciones asociadas. Incorporación de simulación y visualización 3D.

#### **4.2.6. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a largo plazo:**

- Agro-Bio-Ingeniería: convergencia de nano y biotecnología con TIC y materiales inteligentes. Aplicaciones en insumos para la producción primaria, en control de calidad y sanidad, en procesamiento industrial de materias primas, en la trazabilidad de las materias primas. Asistencia tecnológica a la producción de semillas de tercera generación y a la modificación genética de embriones de animales con características especiales de sanidad, productividad y adaptabilidad.
- Modelación, simulación y herramientas cognitivas para la educación agraria (a distintos niveles).
- Desarrollo, adaptación y difusión de métodos, estándares, normas y protocolos de configuración y comunicación de la información agronómica. Ontologías.
- Sistemas integrados a lo largo de las cadenas de valor, totalmente compatibles: “Knowledge management” de las cadenas de valor a lo largo de sus ciclos de vida.
- Sistemas “homeostáticos” de monitoreo y control de la producción conectados a dispositivos en tiempo real, con sistemas de alarma y autorregulación para el control de diversos mecanismos (control de variables generales de clima, ritmo de riego, plagas, enfermedades animales, crecimiento de cultivos, etc.).
- Nanosensores y Nanodispositivos aplicados a los cultivos, a los animales y productos de origen animal y vegetal y a la maquinaria agrícola (partes y piezas sensibles a cambios del entorno).
- “Rural Living Labs”: Investigación y Desarrollo multidisciplinario sobre proyectos integrados considerando aspectos científicos, tecnológicos, sociales y medioambientales.

#### 4.2.7. Capacidades locales actuales

*Científicas:* laboratorios locales de informática, centros de investigación universitarios y no universitarios de disciplinas informáticas y agropecuarias (demanda y oferta), en particular en unidades de institutos nacionales descentralizados (INTA, INTI) y en universidades regionales.

*Empresarias:* alrededor de 40 empresas en distintos subsegmentos, con un relativo grado de especialización en la provisión de TIC al sector AyA, en un sector superior a las 700 empresas nacionales en todo el país, con una estructura institucional incipientemente desarrollada: cámaras nacionales de informática, electrónica y telecomunicaciones, y cámaras regionales de TIC. Una amplia vocación de emprendimiento en el subsector de informática. Por otro lado, un subconjunto muy dinámico de empresas AyA, con fuertes requerimientos de tecnología y una activa predisposición a la incorporación de innovaciones. Presencia en el país de algunas multinacionales de informática y electrónica en las cuales poder establecer alianzas de colaboración (Intel, Google, Motorola, IBM, EDS).

*Técnicas:* Un sector consistente de profesionales agrónomos y veterinarios con uso intensivo y conocimiento de tecnologías avanzadas. Del lado de las TIC existe un pequeño conjunto de expertos en algunas de las tecnologías incluidas en estos temas, en particular en Agricultura de Precisión y en Bioinformática aplicada al Agro. Sin embargo, algunas de las subáreas se encuentran vacantes.

*Gubernamentales:* No se registran capacidades actuales en esta área, ni existe una institucionalidad abocada al tema.<sup>21</sup>

143

#### 4.2.8. Actores clave. Coordinación institucional

##### *a) Paraguas Institucional (Nacional)*

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva - Sec. Agricultura – Sec. Ganadería

INTA-INTI

CESSI, CABASE, CICOMRA

CAFMA-AAPRESID, AACREA, APROCABOJA, FEGACRA, IPCVA,

Cooperativas, FAA, CRA. AAPROTRIGO, ACSOJA, MAIZAR, ASAGIR.

SENASA-ONCCA.

Ministerio de Educación-Universidades Nacionales

Entidades de institutos educativos privados.

---

21 Existen dos proyectos en curso con financiación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva que tienen entre sus componentes, la instalación para estudio de dos redes en distintas zonas de la pampa húmeda.

## *b) Implementación*

- INTA (Estaciones experimentales).
- Cámaras empresariales regionales de TIC: CIIECA, CEIL, CIDI Centro, CIDI Cuyo, CID Noa, CID Nea, CIS, CCICT, ATICMA.
- Polos o clusters tecnológicos de Rosario, Córdoba, Tandil, Mar del Plata, Buenos Aires y Mendoza.
- CAFMA-AAPRESID, AACREA, APROCABOA, FEGACRA, IPCVA.
- Cooperativas, FAA, CRA.AAPROTRIGO, ACSOJA, MAIZAR, ASAGIR.
- SENASA-ONCCA Instituciones educativas informáticas.
- Gobiernos provinciales-Municipales.
- Universidades Nacionales e Institutos Terciarios.
- Ministerios de Educación provinciales - Escuelas rurales.
- Centros de Estudios de Políticas Públicas.

### **4.2.9. Socios internacionales**

Posibles

- EFITA - UE (European Federation of Information Technology for Agriculture).
- ISITA (Irish Society of Information Technology for Agriculture).
- AFITA (Asian Federation of Information Technology for Agriculture).
- INFITA (International Federation of Information Technology for Agriculture).
- Brasil (EMBRAPA Informática Agropecuaria), Fundación Chile, INIA Uruguay.
- FAO (para la fijación de estándares).

144

### **4.2.10. Objetivos de corto/mediano plazo**

1- Conformación exitosa de una institucionalidad abocada al tema de AgroTIC con actividades de promoción en este aspecto realizadas y sostenidas durante al menos tres años (formación de algún tipo de unidad ejecutiva, un Congreso de Agroinformática convocante, una feria comercial que logre reunir a la oferta y demanda local, proyectos de medidas legislativas y ejecutivas para incentivar económicamente al segmento y actividades de difusión). Un espacio de vigilancia tecnológica, prospectiva e integración interdisciplinaria.

2- Lograr conocer en detalle el estado actual de la difusión y adopción de TIC en el sector agropecuario y elevarlo hasta un porcentaje significativo a definir según los resultados y otras consideraciones relativas al contexto internacional.

3- Lograr que el tema de AgroTIC se instale en la agenda pública del gobierno nacional y los gobiernos provinciales, haciendo que se financien y ejecuten bue-

na parte de las medidas aquí planteadas o aquellas que surjan de la formación de una institución ad-hoc.

4- Lograr que desarrollen al menos por dos años sostenidamente un conjunto de programas de investigación en un pequeño conjunto de temas estratégicos a definir, orientados a la producción agropecuaria y agroindustrial, por ejemplo, para el manejo de información genética sobre los recursos naturales, la agrometeorología; para el mejoramiento genético de especies vegetales y animales; para el desarrollo de herramientas de coordinación de la cadena agroindustrial (trazabilidad en distintas cadenas productivas), para el desarrollo de herramientas más potentes en GIS, incluyendo avances en tecnologías de imágenes, modelos de simulación, etc. Organizarlo por programas temáticos, con un criterio de objetivos.

5- Lograr el armado de una gran base de datos de acceso público, con información de múltiples tipos (climatológica, geográfica, geológica, meteorológica, agronómica), compatible con los estándares internacionales de manejo de información agronómica (FAO) y que sirva de base para la difusión pública y para hacerlo compatible con sistemas de información geográfica (GIS).

6- Lograr entablar un diálogo institucional con el sector privado local de AgroTIC, y que las medidas de incentivos y convocatorias sean aprovechadas por éste.

7- Lograr la sustitución total o mayoritaria de importaciones en materia de tecnologías de agricultura de precisión, sistemas de gestión operativa de la producción y sistemas de información geográfica.

8- Lograr una convergencia entre necesidades de recursos humanos en estas especialidades y una oferta educativa y formativa expandida en el territorio.

9 – Lograr compatibilizar los registros informáticos de las agencias estatales vinculadas con la actividad agropecuaria (ONCCA, SENASA, AFIP) con carácter vinculante para la actividad regulatoria cotidiana.

Estos temas han progresado en Argentina más como resultado de iniciativas individuales que por acciones institucionales, sin embargo la envergadura de los esfuerzos necesarios excede las posibilidades del camino seguido hasta ahora, y hace indispensable el liderazgo del sector público.

#### **4.2.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos**

Escenario pesimista: falta de compromiso del gobierno nacional para incentivar esta política, falta de interés de buena parte de las instituciones tanto de oferta como de demanda, crisis de crecimiento del sector agropecuario, crisis de crecimiento del sector tecnológico. En este caso la factibilidad es muy baja, y algunos de los objetivos se cumplirán aisladamente, por fuerza de iniciativas recortadas.

Escenario optimista: relativo compromiso del gobierno nacional hacia una política, interés activo del sector demandante por incentivar la tecnología en el mismo, interés del sector de la oferta tecnológica por encontrar nuevos mercados. En este caso algunos objetivos se cumplirán a fondo, pero en un tiempo más largo, Argentina podrá ser un actor relevante pero no será un líder en la materia. Será un buen adaptador de tecnologías y proveedor de servicios de calidad en algunos nichos. El sector AyA local se beneficiará en algunos aspectos de los derrames tecnológicos.

Escenario muy optimista: el gobierno nacional y las instituciones públicas y privadas de ambos lados se comprometen con energía a invertir en la temática, y Argentina pasa a ser referente, vía su identidad agropecuaria, de AgroTIC de alto valor agregado, con fuerte acento en Bioinformática y Agricultura de Precisión.

#### **4.2.12 Medidas concretas**

##### **- Desarrollo institucional y técnico:**

a) Armado de una Comisión Ad-hoc para elaborar y ejecutar un Plan Nacional de Desarrollo de AgroTIC; así como para crear una instancia oficial de referencia, comunicación y marco legal; definición de los actores involucrados; asociación y vinculación con las demás organizaciones de este mismo tema a nivel mundial.

b) Armado de un Congreso Nacional de Agroinformática de corte empresarial y académico, invitando especialistas extranjeros para que den su punto de vista tanto de la prospectiva del mercado internacional como de la tecnología de frontera.

c) Armado de un apartado de preguntas específicas para incluir en las Encuestas Nacionales de Innovación o bien en encuestas que realicen las instituciones del sector privado agropecuario y agroindustrial.

##### **- Desarrollo de líneas y equipos de I+D:**

a) Diseño y puesta en marcha de programas de investigación y/o estudios de factibilidad en los focos tecnológicos asociados a las AgroTIC (Bioinformática aplicada, Tecnologías Móviles, Redes de Telecomunicaciones, Sistemas Georreferenciados, Estándares Agroinformáticos, Adopción de TIC).

b) Definir los centros de base científica y tecnológica en Argentina y buscar asociaciones con institutos extranjeros de investigación, según el área. Intentar entrar en proyectos del VII-FP y buscar establecer algún acuerdo de complementación con Brasil.

##### **- Desarrollo empresario y comercial:**

a) Formalización y armado de un registro y evaluación oficial de empresas agroinformáticas locales, de capacidades tecnológicas y de infraestructura actual.

b) Diagnosticar y llevar adelante acciones para promover masivamente la **Adopción de TIC** en el sector agropecuario y agroindustrial local. Para esto se deben tener en cuenta los factores culturales o económicos que hoy promueven, condicionan o detienen la difusión masiva y más profunda de TIC entre los diferentes actores del sector, lo cual supone la realización de un estudio amplio de oferta y demanda local agropecuaria y agroindustrial en profundidad, en todas las economías regionales de nuestro país, y teniendo en cuenta los factores de vinculación entre oferta y demanda, y experiencias similares en otros países.

En la etapa de intervención será necesario atacar de distintas formas esta problemática, de acuerdo a los resultados que surjan del diagnóstico, considerando por un lado acciones vinculadas a la resolución de problemas estructurales que afectan indirectamente a la difusión de AgroTIC, y por otro lado acciones directas como: una feria comercial agroinformática para promover el comercio y la difusión a nivel local, campañas de sensibilización y de difusión, relevamientos coordinados de información, reuniones de consulta, talleres de trabajo y capacitaciones. Las acciones a desarrollar deberían ser en forma descentralizada a partir de las diferentes instituciones ya existentes que ya tienen incumbencia desde distintos ángulos en esta cuestión.

d) desarrollo de estudios sobre el mercado internacional para definir segmentos factibles de inserción en otros países.

c) desarrollo de una legislación respecto a beneficios impositivos para la innovación agropecuaria (descontar o diferir gastos en tecnología) y otros incentivos para la aplicación en empresas y sistemas agroinformáticos (hay que ver el esquema regulatorio del sector demandante y del oferente).

147

d) desarrollo de una línea de créditos especiales de apoyo para pequeñas empresas de base tecnológica o subsidios a determinados tipos de costos (ampliación de la Ley de Software). Lanzamiento de líneas de crédito o subsidios para el sector agroinformático (a evaluar) siempre y cuando se oriente a determinadas aplicaciones estratégicas, y fondos concursables para la investigación aplicada tanto en el sector público como privado.

e) desarrollo de un Portal Web de difusión agroinformática junto a la difusión en revistas de lectura cotidiana para el público del sector productivo (Ej.: Márgenes Agropecuarios, Infotambo).

#### **- Desarrollo de recursos humanos:**

a) relevamiento y estudio de evaluación de un programa de sensibilización en el tema y de formación continua de informática en escuelas rurales, asociaciones de productores, sociedades rurales locales y cámaras agropecuarias.

b) desarrollo de seminarios con instituciones de formación informática y electrónica, y revisión de programas curriculares y de investigación o extensión con

el objeto de vincular las carreras de informática de universidades localizadas en zonas productoras con empresas de AgroTIC y cámaras informáticas.

### - Proyectos específicos

a) Proyectar la instalación de una red teleinformática piloto de alcance local-regional montada sobre una plataforma de conectividad inalámbrica (wireless), de la que formen parte diversas instituciones, y a partir de la cual puedan realizar testeos a campo de los distintos tipos de sensores, sistemas de información y fuentes que componen dicha red. Esto permitirá desarrollar un modelo de gestión de una red orientada a estas aplicaciones y expandida a nivel nacional.

b) Lanzamiento de un programa de incentivos sectoriales a la sustitución de importaciones y concursos de innovación tecnológica en temas clave, en base al desarrollo de un menú de necesidades y oportunidades en el área de AgroTIC a corto y mediano plazo (tecnologías de avanzada; tecnologías para sustituir importaciones; tecnologías disponibles pero mejorables).

c) Estudiar y evaluar a fondo el estado del arte y promover la adopción de **Estándares para el acopio y el manejo de información** afín con las actividades agropecuarias y agroindustriales, así como la elaboración de recomendaciones acerca de la **compatibilidad entre sistemas y plataformas para elaborar esa información**, que hoy se encuentra en una situación de alta heterogeneidad. Sólo se presta atención a usos y desarrollos instalados en el exterior para situaciones no necesariamente semejantes a las domésticas.

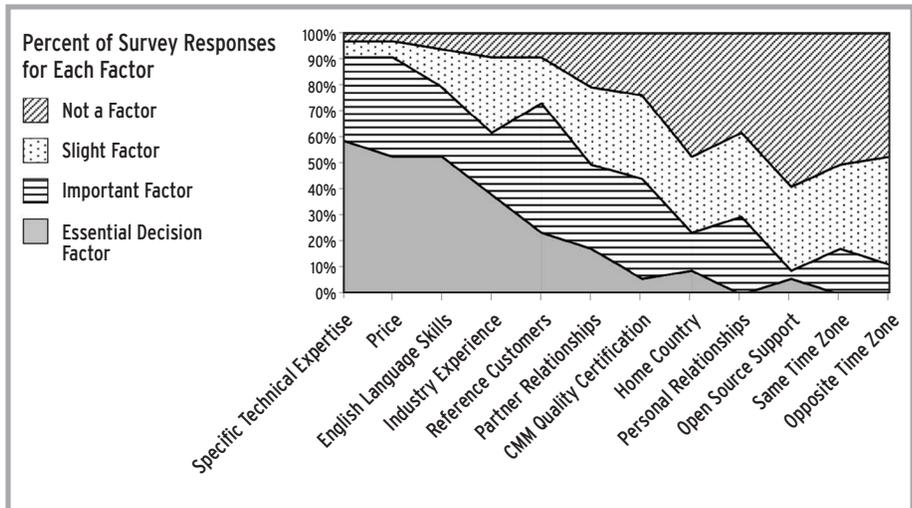
d) Estudio y desarrollo de esquemas posibles para favorecer la **Trazabilidad** de bienes y servicios en todo el sector y la adopción de normas y estándares para favorecerla. Se trata de considerar no sólo en el segmento de la ganadería bovina, sino todos los restantes segmentos del sector agropecuario y agroindustrial con lo que se trataría de implementar la trazabilidad en todo tipo de animales, de piezas despostadas, de plantaciones, mercadería a granel o individual, etc. En este esfuerzo se debe considerar la posibilidad de vincular entre sí las interfases entre todas las etapas de las cadenas agroalimentarias prestando atención tanto a los requerimientos de la tecnología material y social que se requieren, como a las limitaciones políticas y económicas que es de esperar que estas acciones acarreen.

## 4.3. Servicios IT<sup>22</sup>

### 4.3.1. Sobre la industria del outsourcing offshore de servicios IT

La industria del Outsourcing offshore de servicios de tecnología informática IT, comenzó a desarrollarse a principios de los años 90 con la llegada de Internet y de la evolución en los sistemas de comunicación. En el año 2005 el gasto global en Outsourcing offshore de servicios de IT a nivel mundial ascendía a U\$S 78 mil millones y en el 2007 se había convertido en un mercado de U\$S 120 mil millones anuales.<sup>23</sup>

Las industrias más diversas, recurren cada vez más a servicios IT para la concreción de operaciones diarias, lo que deriva en la contratación de soluciones IT en países muchas veces diferentes al del cliente. A la hora de seleccionar un proveedor de servicios de IT las empresas toman en cuenta tres factores principales: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación.<sup>24</sup>



Source: Survey of CIOs and CTOs

En razón de estas tres variables, los gastos de outsourcing de IT crecieron durante los últimos 5 años a una tasa del 10% anual mientras que el outsourcing offshore duplicó esta tasa de crecimiento, que resulta superior al 20% anual.

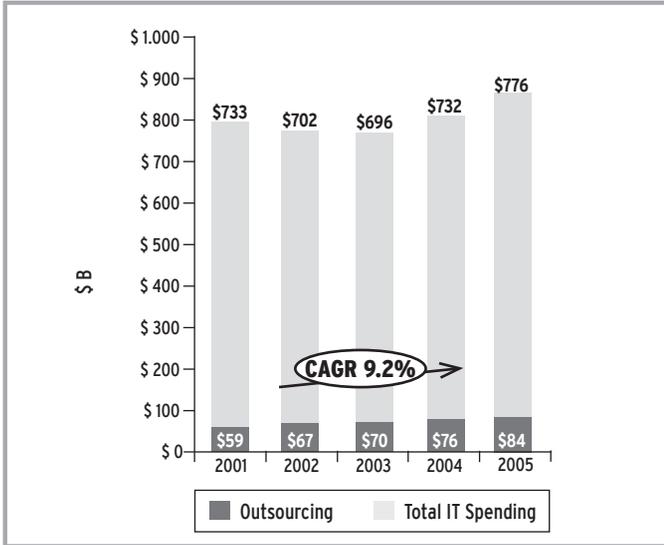
22 Foro de Prospectiva TIC - Proyecto 2020 - FORO: SERVICIOS IT

Coordinador: Martin Umanan / Equipo: Daniela Losiggio, Axel Abulafia, Carolina Aguerre

23 Paul Roehrig, "Overview of Outsourcing Advisory Firms", Forrester Research, 2007.

24 Encuesta realizada por alumnos del MIT (Massachusetts Institute of Technology) a CIOs (Chief Information Officers) y CTOs (Chief Technological Officer) en USA.

## EVOLUCIÓN DEL GASTO TOTAL EN IT Y EN OUTSOURCING DE IT (EEUU)

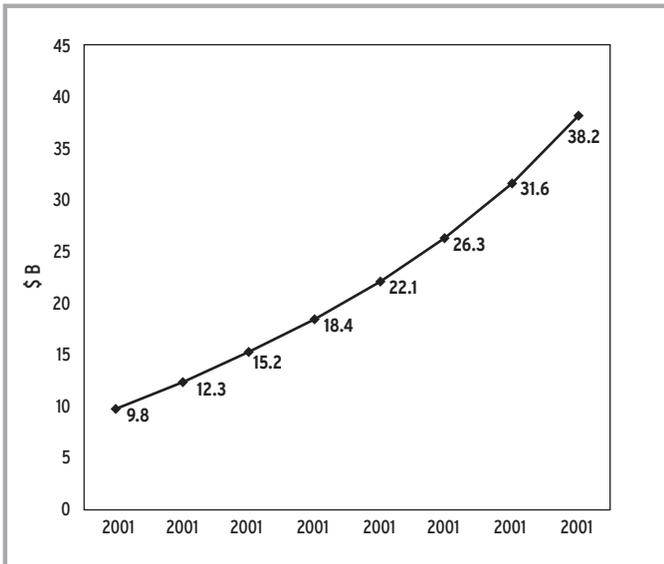


Source: Forrester Research

150

De lo anterior, se deduce que una importante porción del outsourcing local se está desplazando hacia el offshoring, lo que hace más atractiva esta última variante de outsourcing.

## PROYECCIÓN DEL GASTO TOTAL EN OUTSOURCING OFFSHORE EN IT (USA)



Source: Forrester Research

India supo prever esta tasa de crecimiento y en los últimos años construyó su propia industria de outsourcing. Basándose en una fuerte infraestructura de telecomunicaciones, una base de profesionales de tecnología en crecimiento y un costo laboral bajo, comenzó a posicionarse como un destino para IT outsourcing / offshore. Las experiencias de India, Irlanda e Israel han sido centrales para inspirar a empresas como Globant en Argentina.

En el mercado de offshoring en 2005, las tres I's ocupaban un lugar privilegiado: India (U\$S 18 mil millones), Irlanda (U\$S 9.5 mil millones), Israel (U\$S 4 mil millones). Les siguen Canadá y China (U\$S 4 y 1 mil millones respectivamente)<sup>25</sup>.

Argentina, como un país de ingresos medios, debería posicionar su estrategia de desarrollo en este sector como un país que se diferencia de EEUU o del Reino Unido; pero tampoco es comparable con India o China. Irlanda, Israel o Nueva Zelanda serían sus modelos más cercanos.

La oportunidad para América Latina (cuyos focos fuertes son México, Brasil y Argentina) reside en que los países "I", están incrementando rápidamente sus servicios por sobre su capacidad productiva, por lo tanto es esperable que parte del crecimiento futuro sea captado por nuevos jugadores como es el caso de la Argentina.

Venezuela y Argentina son dos casos paradigmáticos en esta carrera, ya que poseen un amplio pool de talentos con foco Global.

151

### **4.3.2. Estructura de la Industria**

#### **Competidores Actuales en el mercado mundial**

La rivalidad competitiva en el estado actual de la industria es moderada, dado que el mercado se encuentra en una etapa de desarrollo y la demanda de servicios de IT es creciente y supera a la oferta.

Actores Globales: EDS, IBM, Accenture, TCS (Tata Consulting Services), Wipro, Infosys, eTouch, Satyam.

Latinoamericanos: Softek y Neoris (Mexico), Avantica (Costa Rica).

Argentinos: no hay.

#### **Competidores Potenciales**

La competencia potencial está en función de las barreras de entrada, entre las que destacamos el acceso a recursos claves. En este caso estamos hablando de la posibilidad de conseguir personal calificado. La economía de escala necesaria para entrar en esta industria es baja, pero por otro lado, para alcanzar clientes de envergadura hace falta poseer antecedentes de trabajos exitosos realizados para

---

<sup>25</sup> Fuentes: Software Associations, Mc Kinsey, Gartner, IDC

otros. El idioma, la cultura y la zona horaria también son barreras de entrada a considerar.

Las empresas de software que podrían ser competidores potenciales serían: Microsoft, Google y Yahoo! Otros competidores potenciales podrían ser los spin-offs de los propios clientes: Gedas (Volkswagen), Neoris (Cemex), Atos-Origin (Philips).

### **Amenaza de Sustitutos**

La amenaza de sustitutos es baja. Los mismos podrían ser los desarrollos in-house y los productos enlatados.

### **Poder de los Proveedores**

Considerando que en este caso los proveedores son los profesionales de IT, el mercado de estos tiene un alto poder de negociación debido a la limitada disponibilidad. Actualmente, en Argentina, se demandan unos 10.000 empleados nuevos al año y se gradúan solo 3.000.<sup>26</sup>

### **Poder de los Clientes**

El poder de negociación de los clientes es moderado debido a que la industria se encuentra en la etapa de desarrollo y, por lo tanto, las compañías del sector están trabajando a plena capacidad.

152

## **4.3.3. Focos tecnológicos Mediano/Largo Plazo**

Vemos en Argentina un proceso de avance tecnológico novedoso que abre el camino hacia nuevas oportunidades de mercado en la industria IT:

- Creemos que el gran cambio que está comenzando viene acompañado por SaaS (“Software as a Service”), como modelo de entrega de software y no como producto terminado.
- El efecto dominó de la competencia offshoring está dando lugar a una segunda ola de crecimiento para las BPO. Globant, por ejemplo, es una de las empresas locales que fortalecen el mercado local en offshoring y que expanden las actividades de empresas de servicios como IBM, EDS, etc.
- Una nueva “raza” de soluciones open source emergerá (y el open source ya no será solamente Linux).
- En el 2008 nuevas proposiciones de valor agregado serán encontradas en soluciones como: Soluciones de seguridad, Telefonía IP y Call Centers, aplicaciones CRM, E-mail servers, etc. (Fuente: IDC)

Este crecimiento impacta en el mercado laboral. Los recursos se tornan en consecuencia más escasos, lo que puede llevar a un aumento del costo de la fuerza de trabajo (2.5 billion)<sup>27</sup>.

<sup>26</sup> <http://marianariva.blogspot.com/2007/11/vacantes-en-tecnologa.html>

<sup>27</sup> IDC Predictions, Enero de 2008.

#### 4.3.4. Foco tecnológico largo plazo

Virtualization 2.0 transforma el hardware en servicios.

#### 4.3.5. Mercado local

Las tendencias de demanda en el mercado local también favorecen a empresas de servicios IT:

- El concepto de empleado office-based comienza a transformarse. Se espera que haya en el mercado argentino 3.3 millones de laptop y 5.5 millones de celulares inteligentes (smart phones). Lo cual implica que la necesidad del empleado físicamente presente en la oficina, va desapareciendo y se impone el teletrabajo.
- También aumentará la productividad, a pesar de que el manager tenga a su equipo fuera de su vista. (La prioridad será ahora la comunicación con el cliente, mucho más que con el propio manager).
- Impacta en costos de oficinas, escasez de m2 en microcentro, etc.
- Papel central del Wimax

#### El outsourcing de IT en Argentina

La Argentina cuenta con ingenieros, científicos y analistas altamente especializados en tecnología y soluciones informáticas, a costos competitivos y alineados culturalmente con las sociedades de los países más desarrollados. Diversas iniciativas gubernamentales se han puesto en marcha a fin de fortalecer el proceso de recuperación. Por ejemplo la Ley de Promoción de la Industria del Software, que otorga beneficios impositivos que promueven la inversión.

153

Las compañías extranjeras aprecian la protección a la propiedad intelectual que brinda la Argentina. La protección sobre los datos y la propiedad intelectual son parte de la Constitución Nacional. La Unión Europea declaró a la Argentina como uno de los pocos países con un nivel adecuado de protección sobre los datos personales.

Tomamos el caso Globant como ejemplo de compañía local dedicada a los servicios IT:

Globant ha fundamentado su nacimiento y crecimiento en una industria poco explotada en la Argentina, y por eso ha llegado a consolidarse como el jugador más importante en el outsourcing de IT del país, y el de más rápido crecimiento en Latinoamérica.

Para lograr esta diferenciación y crecimiento, Globant definió diversas estrategias para:

**Mercados:** los mercados en los cuales se ha concentrado son claramente una innovación. Tradicionalmente las empresas nacionales intentan exportar servi-

cios a países con menores estándares de calidad y de lengua hispana (España y Latinoamérica).

Globant decidió concentrarse en países más demandantes, con distinto idioma del nuestro (USA y Europa). Esto implica contratar y capacitar profesionales para que estén a la altura de las necesidades con las empresas de estos países.

**Servicios:** el modelo de negocios de Globant está basado en las tres fases del ciclo de vida de los productos de IT:

- a) Desarrollo de Software, que abarca desde la concepción del producto hasta el control de calidad y puesta en funcionamiento;
- b) Administración de Infraestructura, con un servicio 7x24; y
- c) Globalización, Internet Marketing y Diseño.

### 4.3.6. Mercado Global

El 2008 aparece como un año de oportunidades para los ISV's locales (Independent Software Vendor) y marca el fin de la infancia de las SaaS. Las grandes compañías han dejado relegada la implementación de SaaS. Esto puede deberse a la acotada actividad comercial y de marketing desarrollada por ellas, al contrario de los que está sucediendo con las ISV locales quienes promueven una dinámica en el mercado.

154 Predicción IDC: El mercado de SaaS alcanzará la marca de 193 millones de dólares (creciendo en un 43% respecto a 2007). ¿Cómo impacta esto en una prospectiva al 2020? Aventurarse es más que especulativo.

### 4.3.7. Capacidades locales actuales

Científicas y técnicas: Existe una brecha entre la demanda del mercado para empleos en los sectores más técnicos de la industria de servicios IT, la calidad y el número de la oferta. Probablemente esta brecha sea aún más grande que la distancia que se observa entre científicos y su orientación a la industria. Como contrapartida, muchos de los cargos técnicos del sector IT se pueden completar con personal proveniente de otras áreas de formación y capacitarse en la propia empresa con estas herramientas. La capacitación en inglés es una herramienta clave para desempeñarse en este sector.

Empresarias: el sector de servicios IT en Argentina no tiene referentes de empresas locales salvo el caso Globant. De todos modos, el establecimiento de multinacionales como IBM para operar desde el país para la región y otras partes del mundo proporcionan masa crítica y desafíos a nivel local.

Pero el sector, como tal, aún no es de peso en el extranjero. No hay una imagen fuerte en el exterior de Argentina como proveedor de servicios IT y en este punto hay mucho margen para actuar.

El sector tiene margen para generar mucho más volumen de negocios con el fenómeno del outsourcing y offshoring. También se puede destacar que los Servicios IT aún no son comprendidos por el Estado, no se comprende la cadena de valor de los servicios, y por lo tanto resulta difícil la aplicación de políticas de incentivos por parte del sector público. La complejidad para evaluar la productividad en el caso de los servicios hace que muchas veces el Estado y otros actores no lo puedan comprender.

Otra característica es que el sector tiene aún puntos de informalidad en los empleos, sobre todo en las empresas de porte más chico. Esto impacta negativamente en su imagen.

Estatales: el gobierno intenta institucionalizar el sector productivo vinculado con la ciencia, la tecnología y la innovación a través de la creación de un Ministerio. Se dotan de recursos a las agencias de promoción científica. Sin embargo, en lo que se refiere a la comprensión de los servicios de IT, su modelo de negocios y su cadena de valor, el Estado hoy no puede apoyar a las empresas si no comprende la dinámica internacional y fuertemente globalizada del sector. Es necesario entonces:

- Evaluar el papel de las agencias estatales en apoyar al sector desde el financiamiento para la exportación.
- Estudiar las políticas de incentivos a nivel de políticas de financiamiento y fiscales.

**CADENA DE VALOR: SERVICIOS CORE DE GLOBANT**

<b>Desarrollo de Software</b>	<b>Management de Infraestructura</b>	<b>Globalización</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concepción y Diseño</li> <li>• Arquitectura del sistema</li> <li>• Desarrollo de Producto</li> <li>• QA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de Operaciones</li> <li>• 24x7 Sistema full Time</li> <li>• Monitoreo y Soporte</li> <li>• Network</li> <li>• Aplicaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y mantenimiento de páginas web</li> <li>• E-Business</li> <li>• Internet Marketing</li> <li>• Internacionalización</li> </ul>

## ANÁLISIS DE RECURSOS Y CAPACIDADES – VRIINA PARA GLOBANT

Capacidades	Valiosas	Raras	Inimitables	Insustituibles	No Apropiables
Calidad técnica RRHH Dominio tecnología "Open-Source"	X			X	
Dominio tecnologías ágiles de desarrollo <sup>28</sup>	X			X	
Amplio conocimiento de mercados target	X				
Alianzas con empresas de software comerciales	X				
Entorno laboral pro-creatividad e innovación	X	X	X		X
Posibilidad laboral en Argentina en una "world-class"	X	X	X		
Estructura de RRHH descentralizada focalizada en procesos claves	X	X	X		
Capacidad para retener RRHH		X			

156

### 4.3.8. Actores clave de referencia para el área

Como se mencionó anteriormente, las grandes compañías han dejado relegada la implementación de SaaS, al contrario de los que está sucediendo con las ISV locales.

El análisis de algunas de las fuerzas de Michael Porter permite encontrar ejes para la identificación de actores clave:

- Poder de negociación con los clientes: por las propias características del producto y su intangibilidad el acuerdo de un servicio depende de varios factores, entre otros la marca de la empresa que lo provee. Los precios de los servicios dependen de los costos fijos y el margen de ganancias de la empresa, pero el branding de la compañía y su posición

<sup>28</sup> Las metodologías ágiles desarrolladas por Globant promueven el uso de iteraciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto de IT. Esto permite una mayor satisfacción del cliente por el contacto cercano y la flexibilidad ante cambios en los requerimientos.

namiento en el mercado nacional y global es fundamental para poder negociar precios más altos, acordes a un país de ingresos medios.

- Rivalidad entre los competidores existentes (competidores corporativos: IBM, Microsoft y competidores a nivel país: India, Filipinas, Canadá, Irlanda e Israel).
- Poder de negociación con los proveedores: en un marco de escasez de recursos humanos en el sector IT, el capital humano en el sector tiene peso para negociar condiciones.
- Amenazas de productos o servicios sustitutos: por ahora no se vislumbran.

#### **4.3.9. Objetivos en el corto mediano plazo**

Los servicios como costo de oportunidad. Se aspira a subir en la cadena de valor.

#### **4.3.10. Factibilidad de alcanzar los objetivos de acuerdo a los tres escenarios**

Escenario optimista: Argentina se posiciona gradualmente como un país de ingresos medios. Esto permite acompañar las estrategias de desarrollo y los planes comerciales de las empresas locales para poder adaptarse a esta nueva posición en el mercado mundial.

Ingresan más de 10 mil personas a mercado de IT con buenas destrezas en programación y con un dominio del inglés fluido. Se acercan las universidades a las empresas y viceversa.

El Estado reconoce a los servicios como proveedores, más allá de la intangibilidad de su producción.

En el escenario intermedio: Argentina crece y tiende a estancarse en su posicionamiento en los mercados internacionales.

Escenario pesimista: Argentina sufre “shocks” que promueven una tendencia al alza de los salarios, haciendo que las empresas locales pierdan posicionamiento internacional con servicios más caros y menos competitivos.

#### **4.3.11. Oportunidades y amenazas**

Para invertir en este sector en Argentina

Análisis FODA (adaptación de un FODA realizado específicamente para la empresa Globant)

### **Fortalezas**

- Costos bajos de la infraestructura preexistente por exceso de capacidad instalada (comunicaciones, Internet).
- Zona horaria: mínima diferencia con los destinos de los principales mercados target.
- Cultura: Valores compartidos con los principales mercados.
- Idioma: Inglés es el segundo idioma más hablado entre los profesionales de IT locales.
- Estilo de vida: Buenos Aires y otras ciudades latinoamericanas ofrecen un estilo de vida compatible con el de ciudades europeas y norteamericanas.
- Referente en metodologías de desarrollo Open-Source y Metodologías Ágiles.
- Pool de talentos de calidad: número adecuado de personas formadas en IT, que crece anualmente.

### **Debilidades**

- No ha logrado desarrollar una marca reconocida y diferenciadora en el mercado donde están sus clientes.
- El crecimiento es artesanal y no planificado.
- La empresa es pequeña en tamaño para competir con otras compañías.

### **Oportunidades**

- 158
- Diversificación a través de la adquisición de otras compañías más pequeñas que ayuden a acelerar el crecimiento de Globant, como el gran jugador del mercado local.
  - Expansión regional con nuevos centros de Desarrollo.
  - Generación de nuevos ingresos por servicios conexos al desarrollo de Software en Clientes existentes (Checkout Integration).
  - Fuerte crecimiento de consumidores hispanoparlantes.
  - Generación de alianzas para futuros modelos de negocios.
  - Profundizar las alianzas con Universidades de IT.

### **Amenazas**

- Incertidumbre de la evolución del tipo de cambio en Argentina (apreciación del tipo de cambio real).
- Rotación y escasez de empleados en un mercado fuertemente demandante de buenos profesionales de IT.

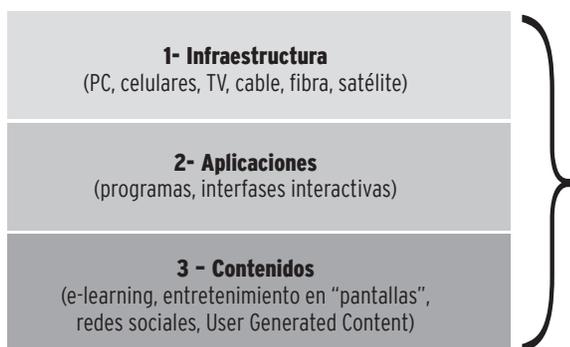
## **4.3.12. Medidas concretas 2008 a 2011**

- Diversificación abriendo otros centros de desarrollo en otros países de América Latina.
- Mayor penetración en Clientes Existentes.
- Segmentación de Mercados y Clientes.
- Incursionar en un NASDAQ local.

## 4.4. Contenidos Digitales<sup>29</sup>

### 4.4.1. Descripción del área

La industria de los contenidos digitales es vasta y diversa. Puede verse desde las aplicaciones y gestiones a nivel de la capa de contenidos, es decir en la tercera capa del modelo de tecnología digital (Fig. 1) como también en la capa de las aplicaciones. Se podría decir que los contenidos digitales pertenecen al campo de las industrias culturales y de entretenimiento, pero también están estrechamente vinculados con la segunda capa de interfases o aplicaciones. Esta aclaración es importante a los efectos de establecer el alcance de este informe. El modelo de capas en la era de las redes de protocolos de internet:



159

La distinción resulta además importante para comprender dónde se presentan los actuales desafíos y problemas para estas industrias. Si bien el impacto de la infraestructura es central y determinante, los problemas de contenidos y los de aplicaciones son resueltos por mecanismos muy diversos a los de la capa de infraestructura. Si en esta última encontramos programas tales como: extensión de cableado de fibra óptica, redes inalámbricas, programas de acceso, fondos de solidaridad digital, en la capa de los contenidos entran en juego desarrollo de capacidades empresariales, innovación + creatividad de los talentos, subsidios y fondos sectoriales, entre otros como se verá a continuación.

### 4.4.2. Sobre la industria de los contenidos digitales

La convergencia en los campos de la televisión digital, la informática y las telecomunicaciones genera nuevos productos y servicios, así como nuevas formas de gestionar los sistemas de producción. Se han ido desarrollando diferentes formas de aplicación empresarial y en consecuencia también laboral. Términos tales como e-Salud, e-Administración, tele-trabajo, comercio electrónico o e-Learning, entre otros son algunos de estos nuevos espacios que se abren para el desarrollo en Argentina y que dan cuenta de esta economía de la información.

<sup>29</sup> Carolina Aguerre, Guillermo Mastrini (UBA), Martín Becerra (UNQ)

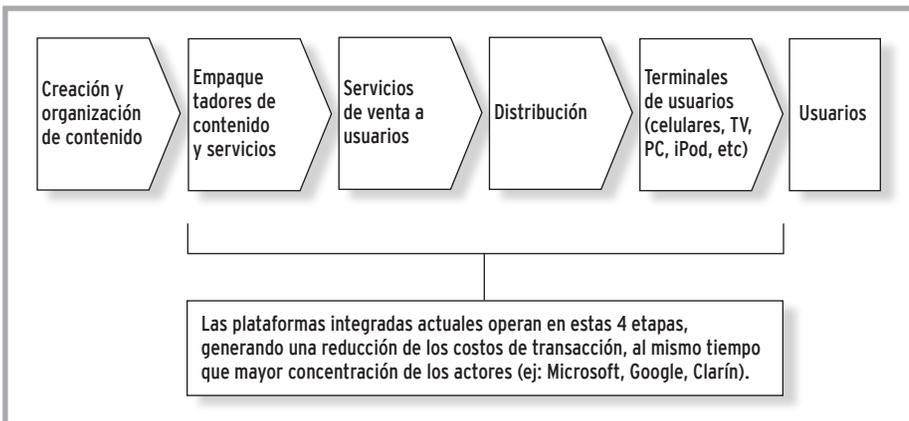
El continuo desarrollo de la tecnología audiovisual para presentar la información de forma dinámica está creando nuevos procesos, instrumentos y productos. La digitalización de todo tipo de información, ya sea texto, sonido o imagen (fija o en movimiento) permite manipularla y presentarla de forma innovadora, artística, e incluso interactiva. En estas nuevas actividades profesionales se exige una gran capacidad de innovar y crear, en un entorno de trabajo técnico sujeto a cambios constantes; tener una perspectiva general de la tecnología y utilizar estos atributos en un proyecto<sup>30</sup>.

A todo esto cabe agregar algunas tendencias que permiten encuadrar la dinámica de los contenidos digitales:

- Aumento progresivo del ancho de banda de las redes de telecomunicaciones, cuya consecuencia directa es que se puede transmitir cada vez más información a una mayor velocidad. Los contenidos digitales se pueden transmitir a través de las redes de telecomunicaciones de una forma infinitamente más rápida y barata.
- La posibilidad de digitalizar cualquier tipo de información, ya sea texto, datos, sonido, imágenes fijas o en movimiento, homogeneiza los distintos tipos de contenidos, antaño muy diversos y con formatos incompatibles, estableciendo una forma unificada para su almacenamiento y transmisión, y dando la oportunidad de combinar unos y otros medios en un mismo producto.
- La tendencia a utilizar sistemas abiertos de conectividad compatibles entre sí elimina la necesidad de que cada tipo de contenido requiera un dispositivo específico para su desarrollo y gestión.

160

#### **CADENA DE VALOR DE LOS SERVICIOS AUDIOVISUALES DIGITALES (ELABORACIÓN PROPIA):**



#### **4.4.3. Mercado Local: empresas orientadas a la exportación**

Explorar algunas empresas argentinas como caso de estudio, muestra algunas

<sup>30</sup> (Conceptualización aportada por Enrique Bustamante, asesor de medios del gobierno de España y profesor de la U. Complutense de Madrid. Especialista invitado por la U. Nacional de Quilmes).

tendencias del mercado nacional –con sus especificidades– y global, así como los focos tecnológicos más amplios.

#### *a) Gestión de contenidos. El caso Novamens*

Es una compañía que provee productos de software para la gestión de contenidos digitales y el trabajo en colaboración para organizaciones conocimiento-intensivas, centradas en el cliente y el servicio, e integradas a la economía de red. La empresa realiza programas de software de aplicación de nicho, principalmente gestión de contenidos, y también los comercializa. El 65% de las ventas se producen en el exterior.

Fue fundada en 1998 y tiene operaciones en Estados Unidos y Argentina. “Su familia de productos kbee, se encuentra en el centro del proceso de convergencia de las comunicaciones y la tecnología de software, desarrollando y potenciando la cadena de valor del trabajador del conocimiento, donde equipos intra e interempresa interactúan, se comunican, trabajan sobre documentos y comparten aplicaciones”. (Novamens).

En cuanto a las habilidades y destrezas en tecnología para este sector, un ejemplo concreto que propone Alejandro Tolomei es la capacidad de los servidores; para 2010, un servidor típico de bajo costo tendrá 10 a 20 procesadores. Como es muy complejo para los lenguajes tradicionales captar esta potencia (como Java, C++, .NET, etc.), los casos donde se requiere software distribuido y altamente concurrente (por ejemplo, en los juegos o los servicios masivos de Internet con alto grado de interacción) se está volviendo a los lenguajes funcionales como Lisp, que resultan mucho más eficientes, aunque para muchos han sido olvidados.

161

#### *b) E-learning: caso Tecnonexo*

El potencial de Argentina en este rubro es importante. Las empresas que se dedican al desarrollo de software, contenidos y servicios de e-learning generan un negocio de 25 millones de pesos anuales (datos del 2006 - EduTIC), de los cuales el 60% corresponde a la exportación de e-learning. Hay unos 600 empleados en el sector corporativo (Tecnonexo emplea a 60 en Argentina) y unos mil más aproximadamente en las universidades.

Durante los noventa se invirtió en recursos e I+D, y con la devaluación, los productos argentinos de e-learning adquirieron mayor competitividad en el exterior, tendencia que se está revirtiendo. México es el mayor competidor de Argentina en este rubro, pero no ha apuntado tanto a la comercialización en el exterior, además de que sus costos de producción son más altos.

En el caso de Tecnonexo, si bien el mercado internacional es central, el impacto del mercado interno en el total de facturación creció de un 15% en 2005 al 30% en 2007. El foco inicial está puesto en Latinoamérica, con oficinas comercia-

les en Perú, Venezuela, Colombia e intentando abrir centros de operaciones en México y Chile. También hay algunas operaciones en EEUU, Canadá, Europa, pero no es el centro del negocio. Hay muy pocos players regionales y poca competencia que provenga de la región. Principalmente se encuentran con que el mercado latinoamericano está dominado o por empresas “muy” locales, con una especificidad propia en temas de e-learning, o las consultoras multinacionales tradicionales que desarrollan el tema (IBM, Accenture).

La principal ventaja de esta empresa es la propuesta de valor y el know how adquirido. Las debilidades estructurales del sector vinculadas al poco acceso a crédito llevan a que no se produzcan productos enlatados, que son altamente demandantes de capital intensivo.

Es una industria además que realiza grandes inversiones en capital humano, buscando conciliar perfiles que provienen de ámbitos como la comunicación visual, la didáctica, el conocimiento de tecnologías y las áreas de negocios y gerenciamiento. El progreso de las personas en estas empresas tiende a estar vinculado a la antigüedad, que es lo que garantiza el conocimiento del sector.

Acciones y recomendaciones para el Estado: una política de financiamiento real basada en el mérito, una mayor conciencia del papel del e-learning como producto y servicio, que implique que el Estado sea un consumidor más intensivo de productos (como suele ser en la mayoría de los mercados más desarrollados), apoyar invirtiendo en contenidos como productos cerrados.

162

Una de las debilidades del sector es la larga curva de aprendizaje de los gerentes de recursos humanos de las empresas en el potencial de las TIC para el desarrollo de su personal. Hace falta una mayor alfabetización digital.

Prospectiva optimista para el sector: el e-learning no se desvirtúa (como sí sucede en el caso español de esta industria); se vinculan objetivos de negocio con tecnología. El tema de los costos no es considerado central en tanto el país hoy ya no es competitivo a nivel de costos en el mercado internacional.

Prospectiva pesimista: el e-learning se desvirtúa y prima la visión española por sobre la canadiense (una visión más vacía vinculada exclusivamente a los costos).

Los estándares de e-learning son fundamentales para esta industria, ya que permiten la interoperabilidad de plataformas. Los estándares mundiales más utilizados, que deben incorporar y dominar las empresas locales son: IMS/QTI; HotPotatoes; AICC; SCORM (1.2 o 2004). SCORM en particular permite la integración de contenidos Java, Flash, AJAX o Actives dentro del Learning Management System en PHP, Java o ASP.

De todas formas es central destacar el papel de una fertilización en TIC en el mundo de las organizaciones y los departamentos de RRHH para entender las TIC como requisito anterior y fundamental para la incorporación del e-learning.

### *c) Redes sociales en Internet*

En este rubro debe mencionarse que ya se encuentran instaladas en Argentina las oficinas regionales de Google y MySpace, lo que ha generado un ecosistema favorable para que un grupo de empresas –extranjeras– continúen con este proceso de instalación.

El dominio del inglés, el creciente desarrollo de las industrias audiovisuales creativas (publicidad, cine, TV) generan sinergias para estas empresas que han elegido instalarse en Argentina por el nivel de los RRHH en inglés, diseño gráfico, programación y por la penetración de Internet. El mercado de publicidad en estas plataformas crece a un 60 - 70% anual.

Sonico.com es la única empresa argentina destinada a este rubro posicionada como (único) actor regional. Es una plataforma para redes sociales destinada a usuarios de la región. A fines de 2007 esta empresa poseía 6 millones de usuarios, y el crecimiento exponencial permite pensar en 30 millones de usuarios en esta plataforma para fin de año (y una facturación aproximada de 8 millones de dólares). Posee 88 empleados, (casi todos en Argentina), y en un año aumentó un 40% su personal empleado.

El mercado latinoamericano, (incluyendo Brasil y los hispanos en EEUU) son los principales destinatarios de esta plataforma latina orientada a las redes sociales. Con una edad que promedia los 16-18 años, buscan ocupar un nicho en el mundo hispano-parlante y brasileño, adolescente y joven, aunque el perfil específico etareo y socio-económico varía en cada país.

163

El negocio se encuentra vinculado a los ingresos por publicidad, con productos novedosos y servicios virtuales (por ejemplo, subir una foto para compartir on line y luego imprimir, para lo cual Sonico cobra una comisión). La red social es una forma de organizar la vida digital, donde se comparte información, fotos, videos y aplicaciones.

La segmentación de los grupos logra atraer a los anunciantes de gran manera, y son productos y eventos muy específicos. El comercio electrónico es el otro gran motor de desarrollo de estas plataformas.

Los celulares también son protagonistas en el negocio de estas redes. Desde un teléfono móvil se puede pedir desde alertas de cumpleaños, recibir invitaciones a eventos, mandar una postal, subir fotos, servicios de recarga del celular (donde se cobra por cada uno de los procesos). La integración al móvil como plataforma se ha transformado en un eje para el desarrollo de las redes sociales, brindando una base para la consolidación de un modelo de negocios. La tendencia es enfocar las redes sociales hacia teléfonos móviles. Sin embargo el negocio clásico pasa por la publicidad de los rich media, donde el modelo más parecido a imitar es la TV. Las campañas en una red social como Sonico son mucho más personalizadas y dan buenos resultados. Otro pilar de negocios es la oferta de servicios

(por ejemplo, impresión de fotos, pagos de servicios). El objetivo es que las redes sociales se transformen en parte del mix de la inversión publicitaria.

En este sentido encontramos que la publicidad, los servicios online y la venta de productos o servicios a través de la plataforma son los principales negocios que se han montado. El licenciamiento de contenidos y ofrecer la tecnología a terceros (un canal de TV que opere, por ejemplo) es un cuarto modelo que podría desarrollarse más y que aparece en economías de los países de la OCDE.<sup>31</sup>

Los contenidos digitales transitan por varios pilares, que desde los soportes tradicionales (medios impresos, radiodifusión) se buscan abrir a nuevas plataformas. El fenómeno del blogging o de la participación en redes sociales en la web obedece, a nivel tecnológico, a la apertura de la web y los medios. Se produce una atomización y democratización que promueve una especialización de contenidos en nuevos formatos. Desde la web 2.0 se trabaja sobre el concepto multicas, muchos emisores simultáneos a varios receptores. Se borran los límites entre el productor y el consumidor de información, llevando al concepto de "produsuario" (*produser*).

Las redes sociales han implicado una revolución del espacio, haciendo público un contenido antes privado. Funcionan como centralizadores de las relaciones online, donde las nuevas plataformas se construyen para proporcionar información con la que antes no se contaba y no se transmitía. La plataforma de redes sociales se transforma en una herramienta para fomentar este nuevo paradigma de comunicación.

164

Una empresa como Sonico es una empresa global: su mercado es el mundo y por lo tanto su competencia puede provenir de cualquier país, ya que se puede montar una compañía de esta naturaleza desde cualquier parte. Esto se refleja en que su competencia actual son los grandes jugadores del mercado global: MySpace, Facebook, Hi5. Por eso las ventajas competitivas de sus RRHH (talento y salarios) y la estabilidad macroeconómica que garantiza las inversiones externas para impulsar la internacionalización de la empresa resultan factores críticos que, en caso de no ocurrir, se transforman en trabas para el crecimiento. El perfil de personal esencial requerido para esta empresa incluye a programadores, ingenieros, expertos en bases de datos y datamining, diseñadores especializados.

Una de las ventajas para Sonico es estar en un país atrasado tecnológicamente, que permite crecer como empresa desde lo que se sabe que puede funcionar. La tendencia es que las redes sociales se transformen en la puerta de entrada a Internet.

---

31 "Participative web: user created content" (Abril 2007), OCDE DSTI/ICCP/IE(2006)7/FINAL

## ANÁLISIS FODA (CASO SONICO)

### FORTALEZAS

- Posicionados con efecto de red
- Único player enfocado en América Latina
- Pioneros y referentes (marcan tendencia)

### OPORTUNIDADES

- Mucho potencial de crecimiento (penetración de Internet en LA es hoy sólo 22%)
- Expansión de dispositivos para conectividad

### DEBILIDADES

- Escasez de RRHH
- Poco conocimiento de las redes sociales en la industria

### AMENAZAS

- Redes consolidadas en otras regiones entran a competir en el mercado latinoamericano
- Coyuntura macro económica

### 4.4.4. Mercado global: tendencias

#### a) Multimedia

El concepto de sistema integrado multimedia es fundamental en lo que refiere al futuro de los contenidos digitales en la industria del entretenimiento. Este tiene como objeto principal la producción de bienes y servicios que directamente proveen información o que son de gran utilidad en su producción, proceso o distribución, dando la posibilidad de obtener y compartir cualquier tipo de información (independientemente del soporte) al instante y en la forma en que se desee.

El estado del arte y la convergencia de la tecnología actual permiten la posibilidad de recepción en el televisor/PC, a través de la transmisión (terrestre, cable o satelital) de cientos de canales de televisión. Este mismo canal se puede utilizar para insertar servicios de valor añadido, y disponer de interactividad con servicios electrónicos (banca electrónica, telecompra, reserva de servicios). Con la misma infraestructura de red ya se están compartiendo otros servicios bajo la consigna del triple play.

Las perspectivas de futuro apuntan a una mayor interactividad del usuario Internet en diversos dispositivos. La integración de la televisión e Internet permitirá imbricarse compartiendo la misma pantalla de recepción y la misma herramienta de navegación. La evolución y abaratamiento de la tecnología 3G posibilitará una mejor recepción de imágenes de video en la pantalla de un dispositivo móvil con acceso telefónico celular, así como también la recepción móvil universal de la televisión.

La apertura, casi ilimitada, de las vías de acceso de canales de televisión a los usuarios, tal y como se presenta la situación actual y el futuro próximo, trastoca el mercado y el negocio televisivo de una forma definitiva. Se ha pasado de una difusión de pocos canales generalistas analógicos a la difusión de un mayor número de canales temáticos digitales. La nueva situación obliga a una mayor concentración de los temas y segmentar la audiencia para poder ofrecer más canales diferentes a una audiencia interesada cada vez menos. Se producirá un cruce entre canales

verticales (temas) y horizontales (audiencias comunes) en los que los contenidos tienen que ser muchos, variados y utilizables (Enrique Bustamante)<sup>32</sup>.

La tecnología digital e Internet van a posibilitar la difusión barata de estos canales. Será preciso disponer de contenidos suficientes, de fuentes diversas y, sobre todo, saber dónde están o dónde se pueden obtener, saber cuál es su valor y cómo disponer de ellos a modo de activos audiovisuales para usarlos, venderlos o reutilizarlos. En resumen, el gran desafío actual de las organizaciones audiovisuales y multimedia es la capacidad para reutilizar los contenidos que producen o sobre los que poseen derechos de difusión.

La única solución es archivar y recuperar de forma eficaz los contenidos, para reutilizarlos con otros enfoques, adaptándolos a cada soporte concreto y poder comercializarlos cuantas veces sea necesario. Un tema central de esta dilución son los derechos de propiedad intelectual en estas plataformas integradas.

### *b) Tendencias globales de los contenidos digitales*

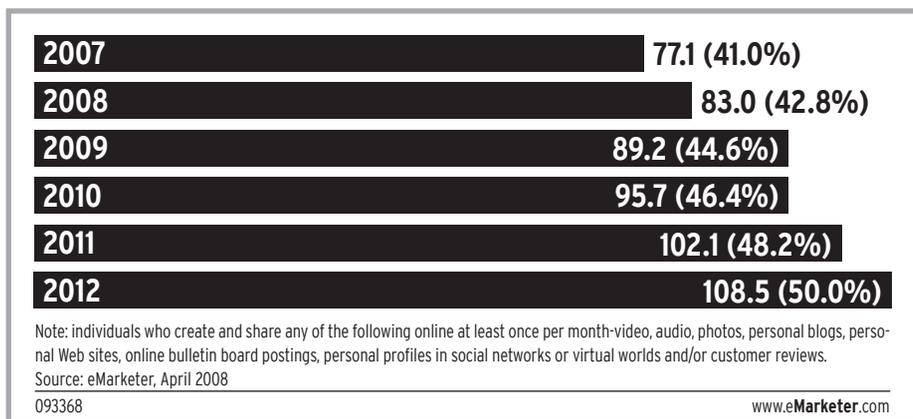
Hacia 2012, el 50% de los usuarios estarán produciendo contenido. Tan inmensa proliferación de producción y consumo de contenidos online hace cada vez más necesario poder almacenar la información y poder recuperarla con criterios de búsqueda, dándole un papel central a los buscadores y agregadores de contenido en este proceso.

166

Aquí hay otro juego en tensión: mientras el 70% de la información será creada por los usuarios en 2010, el 85% del total de los datos deberán ser administrados y asegurados por organizaciones gubernamentales y privadas. (Fuente: EMC)

Avances de la generación de contenidos por usuarios:

### **US USER-GENERATED CONTENT CREATORS, 2007-2012 (MILLIONS AND % OF INTERNET USERS)**



32 Informe Gaptel – “Contenidos digitales: nuevos modelos de distribución online” (junio 2006).

Los 10 sitios más visitados en el mundo y el cambio de paradigma de la demanda de los usuarios que se vuelcan cada vez más a sitios de redes sociales e interacción:

2005		2008	
Rank	Web site	Rank	Web site
1	yahoo.com	1	yahoo.com
2	msn.com	2	youtube.com
3	google.com	3	live.com
4	ebay.com	4	google.com
5	amazon.com	5	myspace.com
6	microsoft.com	6	facebook.com
7	myspace.com	7	msn.com
8	google.co.uk	8	hi5.com
9	aol.com	9	wikipedia.org
10	go.com	10	orkut.com

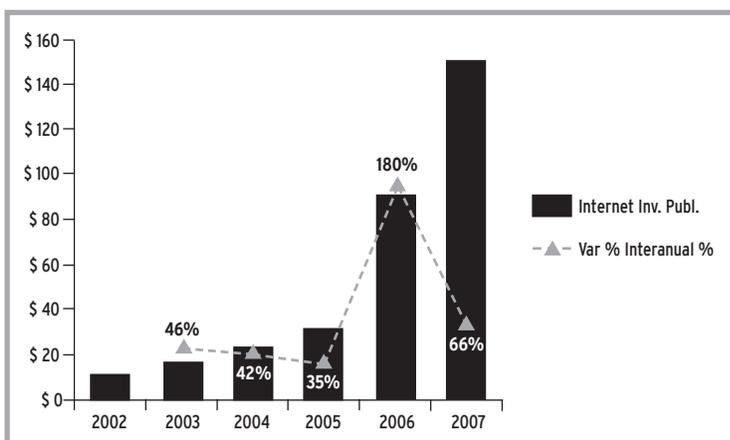
Fuente: Alexa Global Traffic Rankings

Los 10 sitios más visitados de Argentina (fuente: Internet Advertising Bureau Argentina, 2007). Cabe destacar que 5 de estos pertenecen al grupo Clarín, lo que se traduce claramente en un aprovechamiento de la cadena de valor de los contenidos digitales desarrollados anteriormente (así como también una concentración horizontal y vertical).

Rank	Web site
1	MSN
2	Google
3	Yahoo
4	Clarín.com
5	Terra
6	MercadoLibre
7	MásOportunidades.com

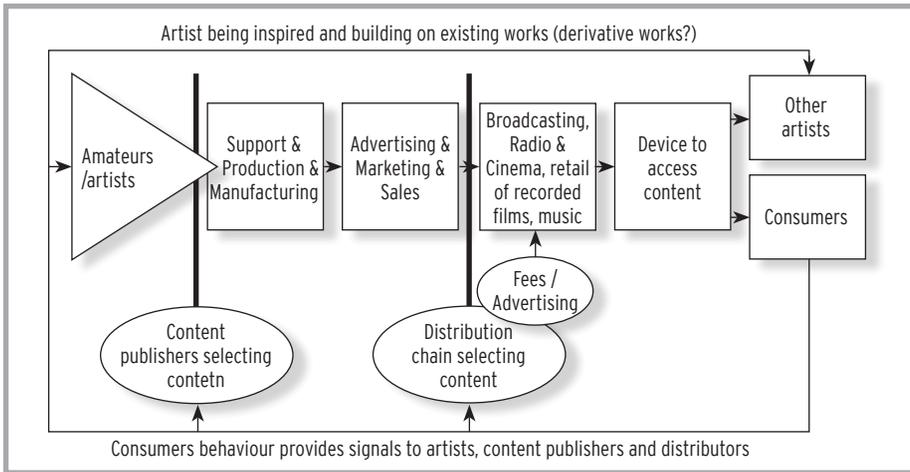
Fuente: Alexa Global Traffic Rankings

### INTERNET EN ARGENTINA. INVERSIÓN PUBLICITARIA NETA. MM DE PESOS

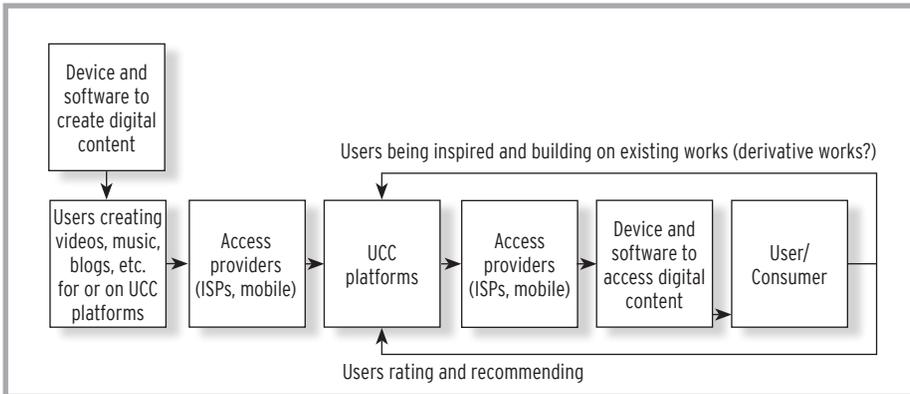


Fuente: CACEM

**FIGURE 4. TRADITIONAL, OFFLINE MEDIA PUBLISHING VALUE CHAIN**



**FIGURE 5. ORIGINAL INTERNET VALUE CHAIN FOR USER-CREATED CONTENT**



#### 4.4.5. Recomendaciones y lineamientos de políticas para el Estado

Las acciones propuestas por e-LAC en la conferencia ministerial sobre la sociedad de Información (El Salvador, febrero 2008) en el área de aplicaciones y contenidos digitales tienen la particularidad de abarcar los diversos ámbitos en los cuales éstos tienen más potencial transformador a nivel social. Esta sistematización pretende ser una hoja de ruta para el desarrollo de políticas públicas nacionales:

### *a) Educación*

- Asegurar que todos los portales educativos nacionales cumplan los criterios vigentes para incorporarse como miembros plenos en redes regionales de estos portales.
- Buscar el establecimiento de un mercado regional de contenidos y servicios digitales, que incluya la realización de foros, a través de una alianza público-privada con proveedores comerciales.
- Aumentar el intercambio de experiencias y contenidos de alta calidad en las redes regionales de portales educativos, incluidas las aplicaciones de Web 2.0 y otros canales de distribución, como la televisión y la radio.
- Difundir experiencias en el uso de herramientas de realidad virtual como aplicaciones de las TIC en programas educativos para fomentar la diversidad cultural, la tolerancia y combatir la discriminación por consideraciones de raza, género, religión, etnia, enfermedad y/o discapacidades, entre otras.

### *b) Infraestructura y acceso*

- Ofrecer sistemas de respuesta, como bases de datos de damnificados, sistemas de gestión de recursos para la respuesta a emergencias, entre otros, que sean desarrollados con fondos públicos, y promover su utilización en los países de la región tanto a nivel nacional como local.

169

### *c) Salud*

- Asegurar que el 70% de los centros de salud y hospitales trabajen con software o aplicaciones para la gestión y planificación de procesos, garantizando su interoperabilidad, o duplicar el número actual.
- Enlazar portales nacionales de salud con miras a establecer una red regional para compartir experiencias, intercambiar contenidos y promover su desarrollo, adaptación y pertinencia, tomando en cuenta la debida protección de datos.
- Promover la mejora de las redes regionales de salud mediante la adopción de estándares que viabilicen la interoperabilidad de los sistemas digitales, el intercambio de software, la interacción de aplicaciones y la interconexión de portales y bibliotecas virtuales de salud.

### *d) Gestión pública*

- Asegurar que el 50% de las entidades de la administración pública incluyan en sus portales información relevante, útil y oportuna, incluyendo información sobre los procesos de adopción de decisiones, con el objeto de facilitar la relación del gobierno con los ciudadanos y otras partes interesadas, o duplicar el número actual.
- Establecer mecanismos de accesibilidad a portales de gobierno que ga-

ranticen las transacciones y el acceso a la mayoría de los ciudadanos, eliminando barreras comunicacionales u otras.

- Fomentar mecanismos de contratación electrónica en el sector público.
- Promover la creación de mecanismos de estandarización y consolidación de la información geo-referenciada, con el objeto de que el gobierno, el sector privado y demás partes interesadas cuenten con herramientas para la toma de decisiones.

#### *e) Sector productivo*

- Promover la creación de teletrabajo, trabajo móvil y otras formas de trabajo por redes electrónicas, sobre todo para los grupos más vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, a través del equipamiento apropiado (software y servicios digitales), la capacitación certificada y la validación de experiencia; así como mantener el grupo de trabajo sobre teletrabajo a fin de realizar sugerencias para alcanzar un marco normativo y administrativo que incluya mecanismos de resolución de conflictos.
- Promover el desarrollo de un portal regional para proporcionar información sobre prácticas de uso de las TIC en micro, pequeñas y medianas empresas y gestionar la búsqueda de recursos para su financiamiento.
- Crear redes regionales utilizando asociaciones público-privadas de diversa índole para promover el desarrollo de software competitivo en los mercados internacionales, considerando en especial las necesidades locales de los procesos organizacionales productivos y sociales locales, y fomentar la inclusión digital.

170

## **4.5. Seguridad**

Las redes digitales, y notablemente Internet, se han convertido rápidamente en una parte integral de la vida diaria de la economía y la sociedad. A la misma velocidad en la que los individuos y organizaciones se apropian de más y más tecnologías de la información en los servicios y comercio, la información privada se torna más vulnerable y los problemas de seguridad y confiabilidad van ganando relevancia. De este modo, las personas están cada vez más preocupadas –y afectadas– por la creciente complejidad de los sistemas de información y comunicaciones y la proliferación de fuentes de información y técnicas invasivas; en su interacción on-line con los sistemas se encuentran enfrentados cotidianamente con pérdidas de su información personal, virus, spam, phishing y otros crímenes de creciente severidad y sofisticación. En consecuencia, se encuentran en la indeseable situación de tener que depositar cada vez mayor confianza en ambientes a los que apenas pueden –o directamente no pueden– comprender o evaluar adecuadamente.

Este marco general conspira claramente en contra de la construcción de una sociedad de la información que pueda generar desarrollo, prosperidad y equidad social. En contrapartida, es necesario adaptar las TIC a las necesidades de

la economía y la sociedad, y asegurar que se transformen en herramientas útiles para la innovación económica y social. El punto de partida para ello es fomentar la confianza y salvaguardar la seguridad, en un mundo cada vez más interconectado por redes.

La agenda de investigación y desarrollo relacionada con seguridad y confiabilidad en relación con las TIC, abarca –poco sorprendentemente– prácticamente todas las áreas de estas tecnologías; algunas de las áreas consideradas críticas en el mediano plazo por los principales actores públicos, privados y académicos son las siguientes:

Disponibilidad y robustez de la infraestructura: investigación y desarrollo para asegurar las infraestructuras de redes y servicios sobre tecnologías heterogéneas y convergentes, así como la robustez y disponibilidad de infraestructuras críticas, tales como salud, energía, transporte y finanzas

Investigación sobre la interoperabilidad en tecnologías y estándares para seguridad y confiabilidad.

Métodos y técnicas para la mejora sistemática de sistemas seguros y confiables (incluyendo hardware y software) desde su fase de diseño.

Métodos y técnicas para la preservación de la seguridad y confiabilidad frente a la evolución de requerimientos, tecnologías y sistemas.

Seguridad y confiabilidad de SOA (service oriented architectures): Establecer y mantener la confianza y los acuerdos acerca de regulaciones y niveles de servicios en un contexto SOA, junto con “avances proporcionales” en ingeniería de software para poder satisfacer las expectativas de servicios.

Tecnologías específicas para seguridad: Investigación para proveer mayores garantías para la comunicación y manipulación confiable de información. En este punto deben considerarse especialmente la investigación en criptografía y “trusted computing”.

Junto con estas áreas aparecen dos objetivos, que reclaman investigación y acciones multidisciplinarias, relacionadas con la dirección creciente hacia la personalización y descentralización de las TIC:

“Empowerment of the stakeholders”: la responsabilidad, autoridad y control deben acercarse cada vez más hacia el usuario final.

Estandarización de las tecnologías de seguridad y confiabilidad centradas en el usuario.

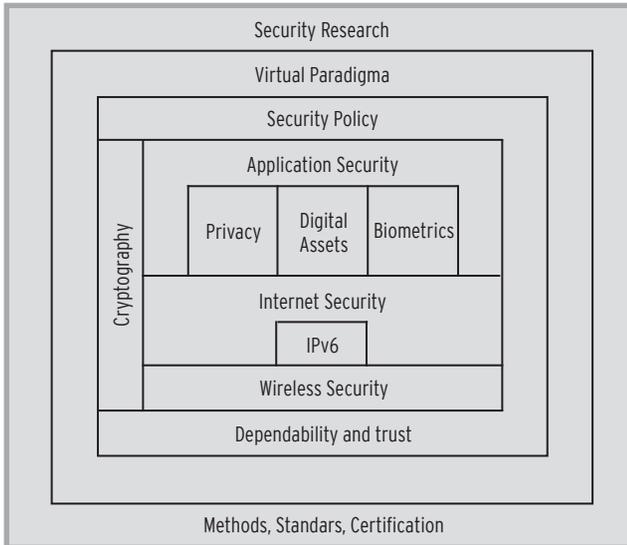
En la Figura siguiente se muestra un posible cuadro de situación del área de Seguridad y Confiabilidad en TIC. En lo que sigue, se abordarán particularmente

dos áreas que se consideran centrales, la primera porque atañe a los fundamentos científicos de toda la disciplina y la segunda por considerarse la que abrirá las mayores oportunidades a futuro:

Criptología y sus relaciones con “trusted computing”.

Seguridad y confiabilidad en comunicaciones móviles e inalámbricas.

### SECURITY AND DEPENDABILITY TASK FORCE INITIATIVES INTEGRATION



172

Fuente: *Jim Clarke*, Security and Dependability Strategic Research Agenda for Europe. <http://ercim-news.ercim.org/content/view/25/55/>

### Direcciones y desafíos en Criptografía y “trusted computing”

En lo que sigue, además de analizar brevemente algunas de las líneas de investigación más importantes en el núcleo de la criptología, se presentarán dos áreas relacionadas: “trusted computing” y las relaciones con la biometría.

### Criptología

La criptología y su aplicación práctica, la criptografía, son fundamentales para la provisión de de muchos aspectos de seguridad en las comunicaciones y sistemas informáticos y, en consecuencia, para su confiabilidad.

Los desarrollos obtenidos por la criptología moderna son la base sobre la que está construida la actual seguridad y confiabilidad de la mayor parte de las ac-

tuales infraestructuras de información; sin embargo, los nuevos desafíos, tanto en los fundamentos (por ej, quantum computing) como en la expansión impresionante, actuales y previsibles de los flujos de información, requiere de nuevos y mejores resultados del trabajo de los especialistas.

Miles de millones de dispositivos (real o potencialmente) interconectados, que transmiten y procesan terabytes de información, en un fenómeno que parece transformar “cantidad en calidad” ponen en el orden del día problemas relacionados con costos, simplicidad, consumo de energía, etc. que hasta hace poco pudieron ser relativamente soslayados. Además de los aspectos matemáticos de la disciplina, los requerimientos relacionados con la tecnología y la ingeniería tienen sus propias y nuevas problemáticas; los desarrollos previsibles: “ambient intelligence”, comunicaciones heterogéneas y convergentes (móviles, fijas, etc.), Grids, etc., presentan nuevos desafíos y nuevas aplicaciones que requieren soluciones y puntos de vistas diferentes y mejores que los actuales.

### **Trusted computing**

“Trusted computing” provee las funcionalidades criptográficas sobre las cuales puede construirse un sistema confiable, donde la noción de confiabilidad se define de acuerdo a las políticas de seguridad subyacentes. Estas funcionalidades son provistas por una componente básica denominada TPM (Trusted Platform Module) y pueden ser usadas para:

- Verificar remotamente la integridad de una plataforma de computación (attestation & secure booting).
- Vincular claves secretas a una configuración específica de una plataforma (sealing).
- Generar números aleatorios seguros (en hardware).
- Almacenar de manera segura claves criptográficas.

En este contexto, una cantidad de temas de investigación parecen importantes y promisorios:

- Modelos abstractos de seguridad para las componentes de una plataforma para trusted computing y sus interfaces.
- Computación distribuida eficiente utilizando pequeñas (tiny) componentes confiables que disponen de una cantidad limitada de memoria y solamente unas pocas funcionalidades criptográficas.
- Property based-attestation: probar que un sistema satisface cierta propiedad en su configuración que conforma alguna política de seguridad, sin revelar sus detalles internos. En este contexto, se podría probar corrección, aún en el caso en que la configuración cambiara, pero manteniendo la adhesión a la misma política.
- Mantenimiento y migración: diseño de mecanismos eficientes y seguros para transferir imágenes de software completas (aplicaciones y sistemas

operativos) entre plataformas de computación con diferentes TPMs y diferentes políticas de seguridad.

## **Integración de Criptología con Biometría**

La investigación y la utilización de la biometría han crecido muy rápidamente en los últimos años; sin embargo, a pesar de su fiabilidad y conveniencia, trae aparejados una cantidad de problemas de privacidad y seguridad, tales como la revelación de información personal, robo de identidad, abuso de la información biométrica. En este punto, la utilización de la criptografía puede proteger la información biométrica de este tipo de riesgos.

Combinar criptología y biometría mejora la seguridad, amigabilidad y conveniencia en el uso de los sistemas. En este punto, uno de los desafíos previsibles para la investigación es el desarrollo de herramientas de criptografía para datos inexactos (noisy data); técnicas del tipo “perceptual hashing” y derivación de claves a partir de datos biométricos utilizando información adicional (por ejemplo, metadata) aparecen como muy prometedoras. La combinación de criptología y biometría con esteganografía y “marca de agua digital” (digital watermarking) ofrece también nuevas oportunidades para desarrollar protocolos de identificación seguros y amigables que aseguren mayor privacidad.

## **Seguridad y confiabilidad Comunicaciones Móviles e Inalámbricas**

174

Las comunicaciones móviles e inalámbricas son uno de los vehículos fundamentales hacia las TIC del futuro caracterizadas por la “ubicuidad” y la “inteligencia del ambiente” (“en cualquier momento, en cualquier lugar, a cualquier persona, servicio o dispositivo”). Este nuevo paradigma está cambiando y va a hacerlo más fuertemente aún las prioridades y las agendas de investigación y desarrollo en el futuro; la seguridad y la confiabilidad son temas centrales en estas agendas, no solamente por los desafíos científicos y tecnológicos, sino fundamentalmente por los requerimientos que imponen la adopción y difusión de las mismas <sup>33</sup>.

Se identifican tres grandes líneas de investigación y desarrollo:

- Tecnologías, Mecanismos y Arquitecturas.
- Software, Servicios e Información móviles.
- Perspectivas desde las necesidades de los usuarios finales.

En relación con la primer línea de interés, los desafíos mayores para I+D provienen del crecimiento en tamaño, capacidad, y por tanto complejidad, de los sis-

---

33 Securing Web Services with WS-Security: Demystifying WS-Security, WS-Policy, SAML, XML Signature, and XML Encryption - [http://www.amazon.com/Securing-Web-Services-WS-Security-Demystifying/dp/0672326515/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&s=books&qid=1212935555&sr=1-1](http://www.amazon.com/Securing-Web-Services-WS-Security-Demystifying/dp/0672326515/ref=sr_1_1?ie=UTF8&s=books&qid=1212935555&sr=1-1)  
Security for mobile networks and platforms - <http://www.artechhouse.com/default.asp?frame=book.asp&book=978-1-59693-008-7>  
OFDM Towards Fixed and Mobile Broadband Wireless Access - <http://www.artechhouse.com/default.asp?frame=book.asp&book=978-1-58053-641-7>

temas globales de información. La expansión de las redes y la movilidad llevan consigo la dilución y aún la desaparición de los límites entre las redes, lo cual a su vez tiene como consecuencia la descentralización del control y un traspaso de las responsabilidades hacia los usuarios y los proveedores de servicios, poniendo en la agenda nuevos desafíos para la seguridad y confiabilidad.

Las cuestiones básicas que necesitan ser investigadas incluyen toda el área de arquitecturas en dos niveles: el nivel conceptual o virtual, abarcando diseño de alto nivel, modelado y definición de políticas de seguridad y servicios, y el nivel real, focalizando en funcionalidades (entidades, módulos, etc.) e interfaces, y la comunicación entre ellas. Estos temas son cruciales para resolver los problemas presentes y futuros para la cuestión generalmente conocida como “seamless roaming” (entre ellos diferentes interfaces, provisión de seguridad, métodos de autenticación entre redes públicas y privadas) e interoperabilidad en un ambiente inestable, compuesto de conjuntos heterogéneos de entidades y servicios.

Además de estas perspectivas de requerimientos tecnológicos, también hay una necesidad de viabilidad comercial y de (modelos) de negocios. El concepto esencial aquí es confianza (en un sentido muy amplio), fundamental para las conexiones en redes, que debe estar basado en fundamentos sólidos tanto en el nivel subjetivo –buena reputación– como en los aspectos formales –esto es, matemáticamente demostrables– relacionados con la construcción y funcionamiento de entidades abstractas y dispositivos confiables.

Lograr estos objetivos requiere avanzar en varias líneas –algunas ya en marcha– de ingeniería e investigación en nuevas tecnologías que permitirán brindar altos niveles de seguridad, con alta performance y a menores costos. Esto implica nuevos desarrollos en los mecanismos de protección y contramedidas para resistir ataques maliciosos así como proveer la confiabilidad esperada en el contexto de sistemas crecientemente complejos, con sus todavía más rápidamente crecientes, posibilidades de mal funcionamiento y mala operación; es decir, la protección de la operación de los sistemas y servicios requiere más investigación y nuevas tecnologías en resistencia a ataques y tolerancia a fallas.

El área de Software y Servicios móviles es tal vez la más dinámica e innovadora de las TIC. Los servicios bancarios, financieros y de pagos móviles, los servicios móviles para viajeros y los entornos para la creación y provisión de contenidos basados en los usuarios, son solamente algunos ejemplos bien conocidos de las nuevas direcciones en las aplicaciones de las tecnologías de la información. En efecto, los “usuarios comunes” se vuelven crecientemente creadores y proveedores de contenidos; por cierto, crear contenidos con las cámaras en sus teléfonos móviles es solamente el comienzo. En este contexto, el tratamiento de la seguridad y la confiabilidad presenta desafíos a nivel de políticas y regulaciones tanto como desafíos tecnológicos.

A nivel político, la visión de la seguridad en escenarios móviles debería plasmarse en recomendaciones que establezcan un marco regulado para la negociación

entre el usuario final por una parte y los proveedores de servicios de seguridad y privacidad por la otra. En cambio, la necesidad de especificar las implementaciones de seguridad dentro de cualquier especificación de servicios debería ser estricta y legalmente sancionable. Esta es un área extremadamente sensible que requiere investigación interdisciplinaria y experimentación entre todos los actores involucrados, incluyendo a los “policy makers”.

En efecto, existe una enorme oportunidad para establecer una nueva industria de contenidos –y esto es particularmente importante para nuevos actores, entre ellos la Argentina– pero esto requiere un marco regulatorio para los derechos digitales que establezca un ámbito adecuado para la creación y provisión de contenidos segura y efectiva. A la vez, y tan importante como lo anterior, es necesaria la creación y desarrollo de nuevos métodos y herramientas para autenticación remota, identificación y trazabilidad de irregularidades y propiedad de los contenidos. La seguridad debería ser un impulsor de los desarrollos y los negocios y no –como a veces parece sugerirse– una barrera: un desafío clave es desarrollar herramientas de análisis de seguridad avanzadas que permitan evaluar riesgos de seguridad y correlacionarlos con su impacto en los negocios, en tiempo real.

176

Los desafíos tecnológicos para la próxima generación de software y servicios móviles incluyen, posiblemente en primer lugar, la necesidad de tratar la seguridad y confiabilidad más como un proceso, o aún como un servicio, cuyas especificaciones puedan ser claramente definidas. Esto parece ser un requisito ineludible para que todos los actores –desde el experto hasta el usuario final– hablen el mismo lenguaje, y puedan expresar y evaluar consistentemente sus expectativas. Por otra parte, contar con especificaciones claramente definidas, posibilita implementar trazabilidad, evaluar experiencias y deslindar responsabilidades. El diseño de software y servicios móviles, incluyendo sistemas operativos seguros, deberán incluir especificaciones para seguridad y confiabilidad en lenguajes precisos y comprensibles, posiblemente en notaciones del tipo UML 2; esto debería ser parte integral de la especificación completa de un servicio, y no considerado como un “adicional” como sucede en la actualidad.

En el largo plazo, aparece la necesidad de incluir el conjunto de los requerimientos de todos los actores involucrados en la definición de los aspectos relacionados con la seguridad y la confiabilidad de los servicios web y las aplicaciones, incluyendo a los usuarios finales en el proceso. Uno de los desafíos claves consiste en reemplazar los entornos de desarrollo actuales por ambientes basados en las necesidades del usuario final, en los cuales sea posible que pueda expresar sus requerimientos de confianza de un modo más proactivo; esto debería estar basado en negociaciones entre el usuario y el proveedor de manera que sea posible satisfacer las expectativas y los niveles de riesgo tolerables por el usuario final en relación con las posibilidades del proveedor. Por cierto, este es un objetivo de largo plazo pues no es posible lograrlo sin revisar, armonizar, cambiar o reemplazar las diversas aproximaciones en uso. Como parte esencial de este objetivo de largo aliento es necesario un salto cualitativo, que supere la ausencia de métricas para establecer o definir la calidad de la confianza en un sistema, y permita la creación de un modelo estandarizado que incluya métricas que permitan cuantificar seguridad y confiabilidad.

La oportunidad de la creación y provisión de contenidos antes mencionada presenta desafíos tecnológicos muy importantes. Una cuestión central en este aspecto es la de encontrar soluciones efectivas que resguarden los derechos digitales para todos los actores involucrados, para ello, es necesaria la creación de entornos de producción y ambientes que aseguren un balance adecuado entre los derechos del productor, los del distribuidor y los del usuario. Algunas de las líneas de I+D promisorias incluyen ontologías, perceptual hashing y enlaces semánticos para trazabilidad, cuyos resultados ayudarían a resolver las cuestiones del tipo “quién y cuándo es el dueño de qué” contenido (que ha cambiado) a lo largo de toda la cadena, así como la posibilidad de observar el cumplimiento de las regulaciones<sup>34</sup>.

En la actualidad, en términos generales, los servicios de seguridad están, o bien habilitados, o bien inhabilitados. Las nuevas necesidades, particularmente las relacionadas con la ubicuidad de los servicios móviles, requieren de una granularidad más fina basada en métricas que permitan determinar niveles de seguridad. Es necesario obtener certificación de seguridad efectiva y económica, que permita aumentar el nivel de transparencia de las certificaciones y relacionar el aumento de la seguridad al aumento del nivel y la disminución del riesgo, mejorando el impacto económico de la certificación. En este sentido, un camino promisorio podría ser la “certificación cruzada” entre diferentes proveedores de servicios, vía algoritmos de negociación en tiempo real y certificación dinámica.

En resumen, los desafíos futuros más relevantes en esta área son:

177

- Métodos y lenguajes de especificación rigurosos y formales adecuados para seguridad y confiabilidad.
- Ambientes centrados en el usuario.
- Métricas para seguridad.
- Métodos y herramientas para autenticación remota.
- Algoritmos y métodos semánticos para resguardo y trazabilidad de contenidos.
- Certificación de seguridad.
- Ambientes verificables para ejecución segura.
- Políticas de seguridad para la independencia de las redes.
- Virtualización en el nivel de arquitecturas.
- Interoperabilidad “seamless” a través de redes heterogéneas (E2E).
- Nuevos protocolos “reputation based” para QoS y seguridad.
- Binding seguro entre usuarios y dispositivos.
- Desarrollo de nuevo IP con soporte completo para seguridad y movilidad.
- Tecnologías de seguridad para modelos de negocios innovativos.
- Trusted computing, Sistemas operativos y TPMs seguros.
- Protocolos flexibles para mala operación y mal funcionamiento.

---

34 Michael A. Carrier & Greg Lastowka, “Against Cyberproperty”: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=982026](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=982026)

## Cibercrimen y marco regulatorio

Bien se ha dicho que la sociedad de la información trasciende las fronteras comunicando todo el planeta y de esa forma estamos comunicados con todos, incluso los “chicos malos”<sup>35</sup>

De esta forma se hace necesario en el corto plazo implementar mecanismos colaborativos con el resto de países del mundo por medio de convenios internacionales y marcos regulatorios homogéneos como, por ejemplo, la Convención del Cibercrimen.<sup>36 37 38 39 40 41</sup>

Nuestro país ha promulgado finalmente la Ley de delito Informático<sup>42</sup> no obstante queda aún un largo camino por recorrer en cuanto a medios instrumentales que permitan la prosecución en tiempo y forma de estas costumbres delictivas.

Se hace necesario en consecuencia abrir nuevos campos de investigación y capacitación en cuanto al nuevo paradigma del Derecho Procesal Penal, la Informática Forense, el Derecho internacional, a Organismos de contralor se refiere.

También se requieren más normas que permitan y faciliten el accionar de las fuerzas de la ley como ser la figura del “agente encubierto” manteniendo siempre el marco de legalidad que regule su accionar y a la vez preservando las libertades individuales. Asimismo se requieren organismos de contralor por parte del Estado que actúen de vasos comunicantes entre los particulares, empresa privadas o estatales y las empresas con control sobre las comunicaciones, léase compañías telefónicas, de celulares e ISP.

Otras normas además deben adaptarse al entorno cambiante del nuevo esquema de Sociedad de la Información, como ser las leyes de propiedad intelectual en comparación con normas similares de otros países.<sup>43</sup>

---

35 “We as a society chose to get more connected, and one of the perils of doing that is, the more connected you are with everybody, the more connected you are with malicious people as well” - Scott Culp, Manager of the Microsoft Security Response Center, quoted in “Technology Security Risks Growing” by Anick Jesdanun, AP, 5/5/2000

36 <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/185.htm>

37 Cyberlaw National and International perspectives - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bkcbriw.rvw>

38 Cyberlaw: The law of the Internet - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bkcybriw.rvw>

39 Cyberspace and the Law - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bkcysplw.rvw>

40 Law on the Internet - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bklawint.rvw>

41 Internet Besieged: Countering Cyberspace Scofflaws - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bkinbsgd.rvw>

42 [http://www.notife.com/noticia/articulo/939609/zona/5/Ya\\_son\\_ley\\_los\\_delitos\\_informaticos.html](http://www.notife.com/noticia/articulo/939609/zona/5/Ya_son_ley_los_delitos_informaticos.html) y texto de la ley en <http://www1.hcdn.gov.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2008/PDF2008/SANCIONES/5864-D-2006d.pdf>

43 [http://www.austlii.edu.au/au/legis/cth/consol\\_act/ca1968133/](http://www.austlii.edu.au/au/legis/cth/consol_act/ca1968133/)

## Los cuatro grandes desafíos para Seguridad y Confiabilidad

A modo de cierre se presenta un breve resumen de las recomendaciones del SecureST Advisory Board de la Unión Europea que enmarcan de manera general las propuestas y recomendaciones expuestas anteriormente:

- **Contrarrestar las vulnerabilidades y desafíos en la urbanización digital**
  1. El primer gran desafío consiste en la mejora de la seguridad y confiabilidad para la expansión y globalización de la convergencia digital. En esta dirección se observan tres fenómenos interrelacionados:
    - Primero, los límites entre el espacio físico y el ciberespacio comenzarán a desvanecerse;
    - Segundo, la dependencia de las personas y organizaciones respecto de las TIC se incrementará, de modo que es crucial mejorar la Infraestructura de Protección de la Información;
    - Tercero, los desafíos y vulnerabilidades se incrementarán mientras que la disponibilidad de servicio decrecerá en términos relativos. Más específicamente cuando se considera una tasa de disponibilidad del 99.9...9% de un sistema o servicio, la cuestión es, cuántos 9 hacen faltan y cuantos serán realmente implementados?

Lo anterior puede traducirse en términos de los siguientes problemas abiertos que la comunidad de seguridad y confiabilidad debe resolver:

179

- ¿Cómo pasar de “claustró-seguridad” (un mundo cerrado y cifrado) a un “ágora-seguridad” (mundo abierto y claro)?
  - ¿Cómo pasar de actividades estáticas y autónomas a una visión arquitectural colaborativa y centrada en redes con movilidad e interactividad completas con la realidad?
  - ¿Cómo lograr que los actores en la cadena sean proporcionalmente responsables respecto de acciones erróneas o malevolentes?
- **Dualidad entre privacidad digital y seguridad colectiva: dignidad y soberanía digital**
    2. El segundo gran desafío tiene que ver con las cuestiones de privacidad<sup>44</sup> de todos los actores (personas, grupos, empresas, estados). Existen siempre dos puntos de vista en términos de seguridad:
      - El punto de vista del usuario que busca protegerse de la red (este es el punto de la privacidad digital, con un requerimiento de preservación de la libertad individual) y

---

44 NetLaw: Your rights in the Online World - <http://victoria.tc.ca/int-grps/books/techrev/bknetlaw.rvw>

- el punto de vista de la red o sociedad, que necesita protección contra usuarios irresponsables o malevolentes (esta es la visión de la “seguridad del ambiente”, con un requisito de protección de la comunidad).

La cuestión importante respecto de la utilización de las TIC es asegurar la soberanía y dignidad digital para las personas y grupos. Un tema crucial es:

- ¿Cómo anular el síndrome del “Big Brother” y la “seguridad oscura” (dark security)?

- **Procesos objetivos y automatizados**

3. El tercer gran desafío es la obligación de construir un mundo controlable y manejable de complejos artefactos digitales en camino a obtener seguridad demostrable (predictibilidad de fallas, anticipación de amenazas). El desafío crucial es la cuestión de la mensurabilidad:

- ¿Cómo introducir técnicas cuantitativas, procedimientos regulares y verdadera ingeniería para conseguir una disciplina verdaderamente científica?

180

- **Más allá del horizonte: una nueva convergencia**

4. El cuarto gran desafío es la preparación de una nueva convergencia en el horizonte, más allá de 2020, esta es la “galaxia” bío-info-nano-quantum....

En esta perspectiva, es posible observar la declinación de la Era IP/3G/Google hacia 2010-2015 y percibir la aparición disruptiva de nuevas infraestructuras a partir de 2015. El actualmente previsto IP no será suficiente para soportar la próxima generación de infraestructuras inalámbricas. La tercera generación de comunicaciones móviles y sus desarrollos (3G/post-3G) serán probablemente reemplazadas por infraestructuras más abiertas e interoperables, y los contenidos (información, multimedia, programas) por nuevos servicios. Durante los próximos veinte años, formaremos parte de un largo crepúsculo digital y una novedosa reemergencia de sistemas “análogos” formada por combinaciones de dispositivos atómicos (nanotecnología) y/o células vivas (biogenotecnologías). La emergencia de bio-nano-infoesferas creará una inteligencia multidimensional y mecanismos disruptivos durante el siglo XXI; deberá inventarse una totalmente nueva interfaz de seguridad y confiabilidad entre estos cuatro universos (viviendo e+físico+digital+quantum). La gran pregunta será entonces:

¿Cómo proteger las interfases y lograr y mantener un “continuo de seguridad”?

# Capítulo 5

---

## Tecnologías

### 5.1. Ingeniería de Software

#### 5.1.1. Prospectiva en Ingeniería de Software<sup>45</sup>

El propósito de este documento es realizar un análisis prospectivo de la Ingeniería de Software como disciplina, intentando identificar aquellos aspectos que sean relevantes para el desarrollo de una industria del software y de las TIC en Argentina.

La introducción de este documento hace un análisis de la Ingeniería de Software en el marco más amplio de la industria del software y de las TIC. Primero, explica porqué la Ingeniería de Software es fundamental para el desarrollo de la misma y de las TIC. Es decir, argumenta los motivos por los que un plan de desarrollo nacional donde el software y las TIC ocupen un lugar importante debe estar acompañado de un plan para desarrollar las capacidades nacionales en el área de Ingeniería de Software.

Luego, se argumenta que invertir en el desarrollo de la Ingeniería de Software tendrá un impacto ostensiblemente menor en la medida en que no haya una industria del software y TIC local. Si este fuera el caso, entonces las oportunidades se limitarán al desarrollo de la ingeniería de software cómo sector vertical de negocios.

181

El resto del documento está organizado en las siguientes secciones:

- La primera parte presenta un conjunto de propuestas de medidas que creemos que pueden ayudar a promover de manera conjunta el desarrollo de las capacidades nacionales en Ingeniería de Software, la industria del software y de las TIC.
- La segunda parte realiza un análisis de áreas de Ingeniería de Software que se perfilan como oportunidades para la Investigación y Desarrollo.

El análisis de la segunda parte del documento está basado en varios supuestos. El primero es que efectivamente habrá una serie de políticas que apunten al desarrollo general del sector del software y TIC, y que el modelo que tomará el desarrollo de estas industrias en Argentina estará basado en la generación de valor

---

<sup>45</sup> Este documento surge a partir del trabajo, comentarios e interacciones realizadas en el contexto del Foro Prospectiva en Ingeniería de Software en el que participaron Jorge Boria, Víctor Braberman, Marcelo Campo, Santiago Ceria, Pablo Michelis, Angel Perez Puletti, Sebastian Uchitel y Daniel Yankelevich

en vez de modelos masivos como los de las Software Factories fundamentadas en ventajas de tipo de cambio o diferencias salariales. El segundo supuesto es que el futuro de la Ingeniería de Software, tanto en Argentina como en el resto del mundo, será mayormente moldeado por fuerzas disruptivas en el sector de las TIC que requerirán que las organizaciones cambien la forma en la que construyen y utilizan software<sup>46</sup>. El tercer supuesto es que la Argentina puede y debe tomar un rol de mayor protagonismo en el área de las TIC buscando invertir en oportunidades y tendencias que se muestran prometedoras en la disciplina de Ingeniería de Software en el nivel mundial y/o que son prometedoras por la ventaja competitiva que la Argentina pudiera tener debido a características locales particulares.

La segunda parte del documento comienza con una discusión sobre las fuerzas disruptivas actuales y de corto plazo en el sector TIC. Luego se discuten algunas de las tendencias y áreas de oportunidad dentro de la Ingeniería de Software y su vinculación con las fuerzas disruptivas.

### **Ingeniería de Software en el Marco de la Industria de TIC**

182

Un trabajo de prospectiva a 20 años en el área de las TIC o más específicamente en software o incluso en Ingeniería de Software necesariamente conlleva una probabilidad de error grande. Al área de las TIC no le faltan predicciones fallidas. Sin embargo, la dificultad de realizar predicciones sobre aspectos tecnológicos en el área de las TIC no impide hacer un análisis sobre el rol fundamental que jugará la Ingeniería de Software en los próximos 20 años tanto en el nivel mundial como en la Argentina.

Una de las razones clave por la cual es difícil realizar una prospectiva en TIC es lo difícil que es predecir la factibilidad técnica y comercial de tecnología en gestación en los laboratorios de avanzada y la dificultad de cuantificar el impacto que tendrán las tecnologías emergentes en el mercado. El área de TIC seguramente sufrirá transformaciones impensadas en las próximos dos décadas, de la misma manera que parte del estado del área era difícil de prever hace 20 años.

Si pensamos al software como una tecnología en sí misma, queda identificada una tecnología que sin duda jugará un rol central en el área de las TIC en las próximas décadas. Los desarrollos tecnológicos actuales y de las próximas décadas serán productos de software, productos que contienen un componente software embebido esencial a su funcionamiento, o el software jugará un rol central en su producción.

Sin duda, un plan de desarrollo nacional con vistas a fortalecer la industria de TIC no podrá prosperar sin un fuerte énfasis en software que es una de las “enabling technologies” clave para desarrollos tecnológicos.

---

46 Barry Boehm. Software Process Disruptors, Opportunity Areas and Strategies. USC-CSE-2005-500, January 2005

Ahora, si pensamos al software como un producto que debe ser construido, ya sea de cero o ensamblado a partir de otros componentes de software, la apuesta, en el contexto de un plan de desarrollo de la industria de TIC, es un país con tecnología para producir software de calidad. Software que podrá terminar en aplicaciones variadas subidas a oportunidades de negocio y/o a la próxima ola de innovación de hardware y comunicaciones. La tecnología que permite la construcción de software de calidad forma parte de lo que se llama Ingeniería de Software.

Según la IEEE, la Ingeniería de Software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del mismo. El problema central que ataca a la Ingeniería de Software es la complejidad con que actualmente se lo construye. Lidar con esta complejidad necesita de técnicas y métodos concretos que ayuden a producir software de calidad con tiempos y costos controlados.

Las técnicas y herramientas de Ingeniería de Software han permitido extender hoy el límite de lo posible. Actualmente se lo construye de varios órdenes de magnitud mayor que hace unas décadas, satisfaciendo requerimientos de calidad más complejos debido al creciente nivel de sofisticación de la tecnología, negocios y necesidades de la sociedad. Además, el costo y tiempo de construcción de algunas soluciones estándares para la industria era impensable hace algunas décadas. Un ejemplo paradigmático son los bloques de software disponibles para construir y poner en producción un local electrónico en la web en un unas pocas horas de trabajo.

Pero la Ingeniería de Software podría decirse que es víctima de su propio éxito. A mejores herramientas de construcción, mayor complejidad del mismo que se construye y más demandantes los requerimientos que debe cumplir. Es esperable que la tendencia de las últimas dos décadas en cuanto al ritmo de crecimiento de la complejidad del software que se construye y la dependencia mayor que las empresas, el estado y la sociedad en general tienen sobre los servicios provistos por software continuará en las próximas décadas. Con lo cual, se requerirá, al igual que hasta ahora, un continuo avance del estado de la práctica y del arte en la disciplina.

En definitiva, la investigación, transferencia, innovación y capacitación en el área de Ingeniería de Software es fundamental para poder acompañar las necesidades de producción, operación y mantenimiento en los próximos 20 años. Cómo será el área de Ingeniería de Software en dos décadas es, nuevamente, difícil de predecir. ¿Qué tipo de software se construirá? El tipo que se construye cambia notoriamente el foco de los requerimientos y por ende de las técnicas y métodos constructivos para lograrlos. Por ejemplo, los servicios accesibles por la web han generado una renovación importante en los elementos que el ingeniero de software tiene en su caja de herramientas. ¿Qué infraestructura de construcción de software estará disponible? De vez en cuando salen “bloques de construcción” nuevos (lenguajes de programación, frameworks, middlewares, y aplicaciones altamente configurables, etc.) que cambian significativamente la

forma en que se desarrollan sistemas intensivos en software. Algunos ejemplos de estos bloques son los lenguajes de programación orientados a objetos, CORBA, ERPs y servicios web.

A pesar de que predecir los cambios tecnológicos dentro del área del software es extremadamente difícil y susceptible de error, la Ingeniería de Software (o el conocimiento en Ingeniería de Software) sirven para razonar sobre estos cambios de tecnología. Es el conocimiento que debe haber en Argentina a través de los profesionales para entender si vale la pena adoptar el cambio, cómo adoptarlo, cómo aprovechar al máximo sus ventajas y cómo resolver sus deficiencias. Aquí hay un aporte importante para Argentina si es que va a tener una industria de TIC.

En resumen, creemos que las capacidades actuales y futuras en Ingeniería de Software en la Argentina serán definitorias en la capacidad de desarrollo en el área de TIC.

### **Ingeniería de Software como sector vertical**

La Ingeniería de Software puede pensarse como un área de negocios en sí misma, con capacidad de vender y exportar servicios y productos. Esta visión complementa a la de la Ingeniería de Software como sector horizontal, desarrollada anteriormente, que facilita el desarrollo de sectores más amplios como los del software o TIC, o el desarrollo de sectores aplicativos específicos como podría ser productos intensivos en software de procesamiento de imágenes para aplicaciones médicas.

Desde esta perspectiva hay dos posibilidades: la de desarrollar productos y servicios innovadores, probablemente apoyándose en oportunidades generadas por fuerzas disruptivas en el sector de las TIC, y la de desarrollar productos y servicios que, aunque no sean necesariamente innovadores, sean altamente competitivos debido a alguna ventaja generada por circunstancias locales particulares. En la próxima secciones se analizan algunas posibles fuerzas disruptivas en el sector TIC y oportunidades y tendencias en la Ingeniería de Software, ya sean mundiales o por circunstancias locales.

Un sector vertical fuerte en el área de Ingeniería de Software, más allá de su importancia como industria de gran valor agregado en sí misma, aportaría a fortalecer a la industria del software y de las TIC, tanto proveyendo servicios a estos sectores como generando junto a ellos una red de empresas que apunte a la calidad e innovación de procesos productivos. La contraparte de este argumento es que el desarrollo de la Ingeniería de Software local tendrá un impacto ostensiblemente menor en la medida en que no haya una industria del software y TIC local que se nutra de ella.

## 5.1.2. Recomendaciones

Las secciones anteriores argumentan que la suerte de la Ingeniería de Software, la industria del software y de las TIC en Argentina están entrelazadas. Por lo tanto, es importante considerar políticas públicas que intenten fomentar el desarrollo conjunto de las capacidades nacionales en estas tres áreas. Esta sección contiene algunas recomendaciones sobre aquellos temas que deberían ser atacados por políticas públicas.

Es importante notar que las recomendaciones tienen un grado de solapamiento y es posible que puedan combinarse algunas medidas para lograr objetivos comunes.

### Recomendaciones relacionadas con la educación

Creemos que gran parte de las medidas que se deben tomar están relacionadas con la educación. Las siguientes secciones detallan algunas de las recomendadas.

Es fundamental tener en cuenta que la implementación de cambios en el sector educativo necesita para la generación de contenidos y material de soporte una cantidad de tiempo sustancial de personal altamente calificado no sólo en los temas técnicos sino en las formas de transmitirlos. Estos recursos humanos ya están insertos en el ámbito educativo, científico y/o productivo. Un desafío será brindar suficientes incentivos para que aporten a la generación de cambios en el sector educativo. Los subsidios del Estado podrían ser, según su reglamentación, una vía para lograr esto.

### Educación Universitaria

- Elaboración de una propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras de computación. Se espera que éstas cubran una proporción importante del “Software Engineering Body of Knowledge”<sup>47</sup> y que tengan en cuenta los temas mencionados en la prospectiva (ver más abajo) como críticos.
- Propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras de Ingeniería o Sistemas. Se espera que estas materias estén orientadas a Ingeniería de Software “in the Large” y a temas de gerenciamiento. Ejemplos de materias son Ingeniería de Requerimientos, Arquitecturas y Diseño, Verificación y Validación, Gestión de Proyectos, Calidad y Mejora de Procesos.
- Propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras cortas del tipo “tecnicaturas”. Por ejemplo, una única materia cubriendo lo básico del ciclo de vida de desarrollo, apuntando primordialmente a Ingeniería de Software “in the small”.

47 Software Engineering Body of Knowledge. <http://www.swebok.org/>

- Implementación de “tracks” en Ingeniería de Software. La idea es que las carreras de Ingeniería en Informática, Computación y Sistemas tengan un “track” de especialización en el área, a través de un conjunto de materias obligatorias y optativas. La iniciativa consiste de proponer currículum estándar para estos “tracks”.

### **Educación de Posgrado – Professional Degrees**

- Implementación de “professional degrees” en Ingeniería de Software para ayudar a la reconversión de recursos actuales y formar una nueva capa de liderazgo para nuestra industria. Ejemplos de carreras de estas características son el MSE (Master of Software Engineering) de Carnegie Mellon y el MSc Ind. (Master in Software Engineering for Industry) de Imperial College de Londres.

### **Educación de Posgrado – Doctorados**

- Promoción de doctorados con orientación en Ingeniería de Software a través de becas competitivas. Debe tenerse en cuenta el diferencial de sueldo al que los doctorandos pueden acceder con un trabajo en industria. Si este diferencial es muy significativo como en la actualidad, difícilmente se pueda fortalecer este sector. Se buscaría dar orientación (no excluyente) a los temas mencionados en la prospectiva.

186

### **Escuelas de Verano en Ingeniería de Software**

- Implementar una conferencia anual con cursos de una semana, becando a alumnos de carreras de todo el país. Esto sería similar las Escuelas de Informática de la UBA (ECI) y de la Universidad de Río Cuarto, pero con un foco en Ingeniería de Software. Una alternativa es implementar un “track” de Ingeniería de Software en una iniciativa existente.
- Implementar una conferencia anual orientada a doctorados con cursos de una semana, becando a alumnos de carreras de todo el país. Esto sería similar a la exitosa experiencia de las escuelas PAV. Si existiera una iniciativa más amplia, implementar un “track” de Ingeniería de Software.

### **Investigación y Desarrollo**

- Fomentar la instalación de “Centros de Excelencia” especializados en alguna temática de Ingeniería de Software. Operados por una universidad y con “visiting scientists” de la industria o centros académicos del exterior. Con subsidios estatales y aportes de empresas privadas. El foco de estos centros debe ser llenar el espacio existente entre investigación, docencia e aplicación de temas de Ingeniería de Software.
- Fomentar el desarrollo de grupos de investigación mediante subsidios que brinden flexibilidad para desarrollar programas de transferencia, co-

laboración nacional e internacional.

- Fomentar las actividades de transferencia de tecnología en Universidades (esto se aplica tanto a profesores como a investigadores). Por ejemplo, aumentando el peso de las actividades de Transferencia de Tecnología en la evaluación de profesores y docentes auxiliares en concursos o en promociones del CONICET.
- Fomentar el ingreso al sistema científico tecnológico de recursos humanos con trayectoria en industria en roles orientados a investigación aplicada y transferencia tecnológica.
- Establecer un Instituto orientado a identificar oportunidades de usar software para mejorar nuestras industrias / empresas de servicios combinado con subsidios para esos proyectos. Un proceso posible sería el siguiente: un grupo de consultores especializados de este Instituto hace una visita a una empresa para conocer sus procesos. Se identifican oportunidades de mejorar la productividad / calidad a través del uso del software. Se buscan subsidios estatales para llevar a cabo los proyectos resultantes. Los consultores preparan los pliegos para estos proyectos. Los consultores asesoran a la empresa durante la ejecución de los proyectos.

## **Otras Iniciativas e Ideas Propuestas**

### **Rol del Estado como Formador de la Industria y Comprador de Tecnología**

- Trabajar con la ONTI (Oficina Nacional de Tecnologías de la Información, dependiente de la Subsecretaría de la Función Pública) en la inclusión de evaluación de capacidades en Ingeniería de Software de las empresas que sean contratadas por organismos del Estado para desarrollos de software. Esto puede ser implementado de varias formas, como por ejemplo el otorgamiento de puntos en licitaciones por certificaciones de calidad o la inclusión en forma obligatoria de capítulos sobre el tema en los Pedidos de Propuesta (RFP) de organismos del Estado. Por ejemplo, la ONTI podría proveer de RFPs “estándar” a los organismos estatales.
- Fomentar que el Estado Argentino compre software de Industria Nacional, y contrate empresas nacionales para sus proyectos de desarrollo. Evitar los desarrollos internos cuando sea posible. Esto puede implementarse otorgando un diferencial de puntos en licitaciones para empresas locales.

### **Subsidios a la “certificación de calidad”**

- Continuar en la línea actual de otorgar aportes no reembolsables a empresas que sigan modelos de calidad y puedan demostrar haber cumplido con un hito importante como por ejemplo una “certificación” o similar.

## Modificaciones a la Ley de Software

- Fomentar la colaboración e inversión directa en centros universitarios o de investigación científica por parte de las empresas beneficiadas por la ley del software.

## Incentivos a la compra de “Software Argentino”

- Fomentar que empresas argentinas compren “software argentino”. Este puede hacerse con subsidios o préstamos blandos, o campañas de promoción. Tal vez el INTI pueda ayudar en estas campañas.

## Incentivos a la Instalación de Centros de Investigación y Desarrollo

- Si bien esto idealmente debería darse tanto para empresas locales como extranjeras, la tendencia hacia la concentración en la Industria del Software hace que sea más realista pensar en acuerdos con los grandes “players” de la industria para que, además de instalar centros de desarrollo en Argentina (como ya ha ocurrido con Oracle por ejemplo), instalen centros de investigación, que podrían trabajar en forma conjunta con las Universidades (esto debería relacionarse con los “Centros de Excelencia” propuestos anteriormente).

## 188 Certificaciones Personales

- Además de las certificaciones de calidad para empresas, es importante no perder de vista que hay una tendencia hacia las certificaciones profesionales de las personas que trabajan en la industria. Creemos que es posible fomentar estas certificaciones a través de mecanismos como aportes no reembolsables del Fonsoft.
- 

### 5.1.3. Prospectiva I+D en Ingeniería de Software

#### Metodología

Nuestro estudio se basa en la identificación y el análisis de las “fuerzas disruptivas” que de alguna forma moldearán, en nuestra opinión, la forma en que se hace software. Las “fuerzas disruptivas” fueron identificadas a partir de reportes académicos<sup>46,47</sup> y de la industria, combinados con la experiencia personal de quienes estamos preparando el reporte. Un comentario importante es que no todas estas fuerzas son novedosas. En muchos casos, el fenómeno que vemos es sólo una profundización de algo que existe hace años o incluso décadas. A su

---

46 Matthias Hözl y Martin Wirsing. State of the Art for the Engineering of Software-Intensive systems. Ludwig-Maximilians-Universität. München, 2008

47 Barry Boehm. Software Process Disruptors, Opportunity Areas and Strategies. USC-CSE-2005-500, January 2005

vez, algunas de estas fuerzas son el resultado de avances en la propia tecnología, generando un círculo que se retroalimenta.

## Fuerzas Disruptivas

### Importancia creciente de Atributos de Calidad

Los atributos de calidad no relacionados con la funcionalidad “de negocio” de una aplicación tendrán una importancia creciente. Los aspectos funcionales de los sistemas continuarán pasando a segundo plano con respecto a aspectos “no funcionales” (también llamados atributos de calidad o “ilities”). Existen cuantiosos ejemplos en donde los primeros productos innovadores funcionalmente no son los que terminan siendo exitosos, sobrepasados por productos que entran al mercado posteriormente pero con un balance de cualidades no funcionales (confiabilidad, usabilidad, flexibilidad, interoperabilidad, etc.) más apropiadas. Algunos atributos de calidad que creemos tendrán una importancia particularmente relevante son:

- **Seguridad.** La tendencia a la digitalización total de información relevante de personas, empresas, gobierno y sociedad en general junto con la tendencia a que todos los dispositivos de cómputo tengan conectividad, está llevando a que casi todos los sistemas tengan acceso en forma directa o indirecta a información sensible. Por lo tanto, atributos de calidad asociados a la categoría de requerimientos denominados de seguridad serán de alta relevancia: Integridad, Privacidad y Confidencialidad. Es importante no tomar una visión simplificadora de los atributos de seguridad pensando sólo en temas específicos como autenticación, encriptación y controles de acceso. La problemática de seguridad va más allá de estas soluciones técnicas. Pensemos por ejemplo en el problema de robo de identidad logrando acceso a información sensible “engañando” al operador en un call-center, de las relaciones de confianza (y sus respectivos controles) necesarias para garantizar que la prepaga médica no comparta datos con la compañía de seguros de vida, o finalmente del extravío de un celular ejecutando un sistema de e-banking que incluye billetera electrónica y manejo de portafolio de inversiones. La tendencia mundial<sup>48</sup> es que los fraudes, ataques y violaciones a la información personal (por ejemplo, robo de identidad) crecen en complejidad y por lo tanto las técnicas destinadas a esta problemática también deben crecer en complejidad y efectividad.
- **Confiabilidad / Disponibilidad.** La informatización de procesos de negocio y de operatoria social en general llevará a una dependencia aún mayor en el software que hace que estas operatorias sean posibles. Por ello, el grado con el cual el software es capaz de realizar sus funciones por períodos ininterrumpidos, más allá de cambios o fallas en su ambiente de ejecución, es crítico. Existen muchos sistemas que,

sin responder a la definición tradicional de sistemas críticos, no toleran interrupciones a la operación por motivos de mercado o sociales. Cada vez más la tolerancia a interrumpir el negocio por fallas en IT se va reduciendo.

- **Precisión.** Ligada a la tendencia a digitalización completa de datos e informatización de procesos está la necesidad de que los sistemas operen sobre datos que sean un reflejo preciso del mundo real que representan, entendiendo a la oportunidad como un aspecto clave de la precisión. La expectativa de los usuarios es, cada vez más, la de un mundo digital que refleje perfectamente su percepción del estado del mundo real. Por ejemplo, la expectativa de que un gasto realizado con tarjeta o un depósito por cajero automático sea reflejado automáticamente en el estado de la cuenta. Este nivel de precisión temporal no puede simplificarse a requerimientos de performance sino que también puede requerir reingenierías importantes de sistemas existentes: ej. eliminación gradual de procesos batch por procesamiento on-line y desplazamiento a eliminación de controles manuales previos al procesamiento de transacciones a controles automáticos o controles manuales post-hoc.
- **Usabilidad.** A medida que las interfaces de usuario se van perfeccionando y el software se va metiendo en temas previamente impensados, alcanzando a cada vez más personas sin acceso previo al “mundo digital”, se va dando una creciente presión sobre el diseño de esas interfaces para que el sistema sea exitoso. Por lo tanto, vamos a ver una presencia creciente de esta problemática en los aspectos de análisis y diseño de una aplicación. Las fallas en la interfaz van a tener costos cada vez mayores.

190

### **Movilidad y Conectividad Permanente**

La tendencia hacia los dispositivos móviles va a seguir creciendo en el futuro, junto con el requerimiento de una conexión permanente que implica la necesidad de entender el contexto en el que está el usuario de ese dispositivo y la “transparencia” en los cambios de conexiones. El uso de dispositivos móviles también tiene implicancias importantes sobre el diseño de interfaces de usuario.

### **Nuevas opciones para el negocio del Software**

Existen múltiples modos de contratar el uso de funcionalidad provista por software. Desde la contratación de la construcción de software donde la empresa contratante es dueña del software desarrollado, pasando por licencias del tipo open source y software libre, hasta la contratación del uso de software como si fuera un componente más en la cadena productiva. La evolución de estos mecanismos nos resulta difícil de pronosticar, pero creemos que los paradigmas que resulten imperantes impactarán sobre la forma que se construye software por la creciente posibilidad de “armar” a partir de otros elementos, en tiempo

de diseño o de ejecución. Más allá de este problema de “licenciamiento” de los sistemas, los cambios en el modelo de negocio (quién paga por el software / cómo se cobra por ese software) involucran otras variables que sin lugar a dudas impactan sobre la forma que tendrá la industria: la tendencia al “software as a service”, en muchos casos impulsada por los grandes proveedores, genera cambios importantes en la estructura del negocio del mismo, pudiendo impactar sobre el ecosistema de organizaciones de IT (roles de las empresas más pequeñas y barreras de entrada al negocio, entre otros factores a analizar).

### **Desafíos del Software como servicio**

Aunque la construcción de sistemas de software complejos mediante la composición de componentes no es novedosa, la tendencia a que estos componentes no estén bajo el control de la organización que construye o manda a construir el sistema sí representa una novedad. Estos componentes en efecto brindan servicios sobre los que se construye un sistema más complejo. La pérdida de control directo sobre los servicios significa exposición, sin preaviso, a pérdida de acceso al servicio, cambios en la calidad del servicio, cambios de versiones y por consiguiente potencial cambio de funcionalidad del servicio, entre otros. Sumado a esto, debido al dinamismo del sector y a que cada servicio es utilizado por múltiples sistemas (de organizaciones distintas), la velocidad con la que estos cambios no controlados ocurren será cada vez mayor.

### **Semántica del contenido**

A medida que todo el conocimiento va estando disponible en formato digital para cualquier persona que tenga acceso a la Web, crece la importancia de entender el significado de ese conocimiento para determinar si es relevante o no en un determinado contexto o para tomar decisiones en cuanto a su distribución (“esta información, dónde tiene que ir?”). Si bien el impacto sobre la ingeniería de software de esta tendencia no es claro, al menos sabemos que nuestros sistemas deberán estar preparados para discernir cada vez más sobre el significado de lo que se recibe y procesa. Esto a su vez puede tener implicancias sobre el proceso de desarrollo (cómo se identifican, analizan, diseñan, construyen y prueban estas nuevas funcionalidades que interpretan la información de manera automática, ya que la revisión manual será imposible).

### **Integración digital**

La tendencia mundial es a una mayor digitalización de los datos y de la información. Cada vez más datos son digitales. Si bien el crecimiento del porcentaje de información digital seguramente es asintótico (y nunca llegará al 100%), permite encarar soluciones, sistemas y procesos que hace pocos años hubiera carecido de sentido pensar. Un caso particular de esta tendencia a mayor digitalización de la información es la convergencia digital: La distinción entre elemento de cómputo para comunicación, entretenimiento y cómputo clásico se hace borrosa. La proliferación de dispositivos hace que portabilidad/familias de

productos/middlewares y arquitecturas sea de mayor criticidad. La problemática del Infotainment, en cuanto a su impacto en las tecnologías y la forma de hacer software, también se incluye en este punto.

### **Poder de cómputo y de almacenamiento ilimitado**

Algunas tendencias hacia la creciente digitalización están siendo posibilitadas por la disponibilidad prácticamente infinita de almacenamiento y de cómputo. Esto abre nuevas oportunidades para la explotación de información o para la ejecución de procesos altamente demandantes de recursos que antes no estaban disponibles. De la misma forma, aparecen proveedores que ofrecen ese almacenamiento o procesamiento a las organizaciones que usan o desarrollan software (por ejemplo Google para almacenamiento y Amazon para procesamiento). Esto puede tener efectos sobre la composición de sistemas y sobre el concepto de “COTS” (comercial off-the-shelf software), además de seguir expandiendo la frontera de dominios que pueden ser alcanzados por el software.

### **Velocidad de Cambio**

192

El software deberá responder cada vez más rápido a los cambios que provengan del mundo exterior, por la creciente competencia y porque los nuevos dominios en los que el software juegue un papel relevante no permitirán demoras para realizar esas actualizaciones. La creciente interoperabilidad con otros sistemas también hará que los sistemas que no se actualicen inmediatamente queden obsoletos y no puedan seguir formando parte de otros “sistemas de sistemas”. Los métodos de desarrollo que se usen, sobre todo los orientados a la evolución de aplicaciones existentes, deberán tener en cuenta estas crecientes presiones.

### **Desarrollo e Integración Global**

A medida que avanzan las posibilidades brindadas por las comunicaciones y la globalización, los procesos de desarrollo cada vez deberán tener más en cuenta la posibilidad de trabajo con equipos distribuidos, donde el reparto de responsabilidades puede ser por tipo de tarea, por alcance funcional o por otros aspectos que todavía no están claros. Esto tendrá también un impacto creciente sobre las herramientas que usemos para dar soporte al proceso de desarrollo. Relacionados con estos temas podemos también tener en cuenta a:

- La escasez de talentos. Desde hace varios años se viene insistiendo sobre la falta de recursos capacitados para todos desafíos que enfrenta nuestra industria. La globalización ha ayudado a cubrir en parte esta falencia, pero esto no parece ser algo que se pueda resolver en el corto plazo.
- La reducción de la Brecha Digital. Tal como se mencionó al hablar de su uso, el universo de usuarios de aplicaciones va a seguir creciendo, presentando nuevos desafíos.

## Oportunidades / Tendencias

### “Ility” Engineering

Aquí podemos tomar prestado un término de Boehm, “Software Quality Attribute Engineering” que puede ser definido como el subconjunto de la ingeniería de software que trata de cómo identificar y especificar atributos de calidad, cómo implementar tácticas que los resuelvan en el nivel de la arquitectura o diseño, y cómo validar y verificar su cumplimiento en una aplicación. Los atributos de calidad pueden ser muy diferentes entre sí (por ejemplo usabilidad vs. flexibilidad vs. performance). El tratamiento específico de cada atributo de calidad como una problemática diferente permitirá avanzar en el camino de la especialización, buscando métodos y técnicas específicas en vez de usar otras generales que no se apliquen o se apliquen pobremente al problema que se está estudiando. Así como ya se usan términos como “Performance engineering”, aparecerán las “engineering” aplicadas a otros atributos de calidad. Habrá consideraciones comunes que entrarán dentro de lo que podríamos llamar “software quality attribute engineering”.

### Líneas de Productos de Software

La tendencia, empujada por factores diversos como ser estrategia comercial, diversidad de dispositivos computacionales y el reuso de componentes de software en sistemas de software complejos, no es a crear un producto para un cliente, entorno y aplicación particular, sino una familia de productos que tienen un núcleo central común pero variaciones puntuales y controladas para adaptarse a, por ejemplo, las necesidades específicas de clientes (variaciones en normativas y leyes según el país, interfaces diversas a sistemas de software legacy del cliente, estrategias-tácticas-modos de operación específicas del cliente), hardware de cómputo específico (por ejemplo, el desarrollo de un juego en red para que ejecute sobre una PC, teléfonos celulares con todas sus variaciones de tamaño de pantalla, y PDAs con distintos estilos de input, complicado aún más por las diversas capacidades de conectividad que cada dispositivo tiene), sistemas compuestos con objetivos diversos (el software de seguimiento y control de navegación para un tractor arando un campo en Entre Ríos tiene similitudes y diferencias a la que usa una flota de buques pesqueros en el Atlántico).

La clave en esta visión de proceso de desarrollo (un producto vs múltiples productos) parte de los requerimientos y tiene fuerte impacto en todas las actividades de desarrollo. La clave es identificar y gestionar un núcleo central de artefactos relevantes para el desarrollo (particularmente en materia de requerimientos y diseño) y sus puntos de variabilidad. Esto implica técnicas, procesos y herramientas que van desde la gestión de requerimientos, pasando por control de versionado, verificación y validación, y a mecanismos novedosos de actualización de versiones en clientes.

## **“Productización” de aplicaciones**

Una problemática asociada al punto anterior es la siguiente: La dinámica comercial de empresas desarrolladoras de software y el grado de experiencia y conocimientos en el dominio de aplicación necesario para construir una familia de productos hace que las empresas que se lanzan a este accionar parten de la venta de uno o varios sistemas a medida, hechos de manera ad-hoc para clientes. El pasaje de los activos (código, casos de prueba, requerimientos, modelos, etc.) de una visión de sistema a una visión de producto es muy compleja (esto sin incluir el cambio cultural a producir en una organización acostumbrada al desarrollo de sistemas y no de productos). Aquí hay oportunidades para la aplicación de técnicas automatizadas y semi-automatizadas para el procesamiento de artefactos del proceso de desarrollo que permitan extraer, abstraer y refactorizar los artefactos disponibles y ayudar en la construcción (primero de la visión y después concretamente) de una familia de productos.

## **Nuevas tendencias en Ingeniería de Requerimientos**

Este tema es viejo, difícil y sigue siendo tan fundamental como siempre. Su aplicación deficiente es la causa principal para el fracaso/bajo-rendimiento de proyectos intensivos en software. La temática corta transversalmente a las problemáticas de familia de productos, productización y software quality attribute engineering mencionados anteriormente así como varios de los que se mencionan más adelante.

194

El tema también puede ser relevante dadas las circunstancias particulares de la Argentina y haciendo un paralelo con Irlanda: El problema de IR tiene un componente técnico muy complejo y otro humano/blando/no-técnico importante en donde la afinidad cultural juega un rol importante. Irlanda viene empujando este tema tratando de aprovechar su posición de cercanía cultural a Europa y EEUU para poder ser el nexo/puente entre éstos y los países que no tienen esa afinidad pero serán potencias de desarrollo de software por sus dimensiones (i.e. India y China). Este rol bien podría cumplirlo Argentina en el plano regional Iberoamericano.

## **Arquitecturas para Sistemas de Software Complejo – Computación autónoma**

Existen una serie de ejes sobre los cuales se espera que la complejidad de los sistemas de software crezca de manera sustancial. Un ejemplo viejo pero aún muy vigente es el de concurrencia y distribución (de cómputo y datos). Sin embargo, a partir de los disruptores enunciados anteriormente, nociones como movilidad, sensibilidad al contexto y autonomía (sistemas “self-\*”, aquellos con la habilidad de ensamblarse, configurarse y adaptarse a cambios del entorno por si solos, así como también sistemas con la posibilidad de responder a fallas propias de manera autónoma) desafían el estado de la práctica y el estado del arte de la ingeniería del software. Central a estos dominios es una ingeniería de software con capacidad de incluir en etapas más tempranas de concepción del

producto/servicio o infraestructura a la arquitectura de la solución, permitiendo construcción con componentes off the shelf (que simplifica la incorporación de tecnología novedosa/disruptiva de manera más simple), y la construcción/análisis o síntesis del glue-code, hasta la gestión (cada vez más compleja) de aspectos como despliegue y mantenimiento.

El desarrollo y utilización de plataformas de construcción de software (arquitecturas conceptuales y de referencia, middlewares, frameworks, etc.) que reduzcan la complejidad de construcción proveyendo abstracciones adecuadas será de suma importancia. La construcción de estas plataformas puede ser una oportunidad interesante porque la identificación de las abstracciones adecuadas y la provisión de los servicios necesarios son no triviales y puede ser la base de servicios y productos de alto valor agregado. El uso de estas plataformas requerirá cierto grado de sofisticación que involucrará un entendimiento importante de la problemática que apunta a desarrollar la plataforma y también de la tecnología en sí misma.

### **Automatización de la Ingeniería de Software**

La sofisticación de herramientas de análisis y transformación de artefactos del proceso de desarrollo de software está comenzando a tener un impacto, largamente prometido, en el tipo de herramientas (de software) que soportan las actividades de verificación, validación y construcción. Combinaciones novedosas de técnicas de análisis de código, model checking, demostración de teoremas, data mining, y síntesis están siendo utilizadas cada vez más para potenciar las relativamente simples técnicas utilizadas hoy por la industria. El impacto de algunas de estas técnicas ya puede verse en V&V como testing, en temas de diseño y programación como refactorización automática y detección de clones. El potencial que tienen estas técnicas en la automatización de actividades de IS tendrá un fuerte impacto en lidiar con la creciente complejidad de la disciplina. Por ejemplo, las problemáticas de líneas de productos y productización ciertamente ofrecen oportunidades para la aplicación de técnicas automatizadas y semi-automatizadas para el procesamiento de artefactos del proceso de desarrollo que permitan extraer, abstraer y refactorizar los artefactos disponibles y ayudar en la construcción (primero de la visión y después concretamente) de una familia de productos.

195

### **Desarrollo basado en Modelos**

Este es un problema clásico de la ingeniería de software: cómo usar modelos de mayor nivel de abstracción para poder generar de manera automática o semiautomática distintas aplicaciones, además de lograr un análisis más oportuno sobre propiedades de lo que se está construyendo y facilitar las tareas de verificación.

A lo largo de la historia de la ingeniería de software se fueron logrando avances en estos puntos, pero en muchos casos los nuevos paradigmas que fueron apareciendo (de división de un sistema en módulos, de centralización o descentra-

lización) causaron retrocesos importantes que provocaron que los avances en productividad, a partir de la automatización, nunca se logaran. Creemos que a medida que se va logrando cierta madurez en la disciplina y cierta estabilidad en estos paradigmas, esta tendencia inevitablemente irá ganando lugar y cambiando los procesos de desarrollo. A esta tendencia se deberá agregar la complejidad de la necesidad de nuevos modelos para los nuevos desafíos presentados en puntos anteriores, sobre todo los relacionados a atributos de calidad. Sin más y mejores modelos, esos avances no se podrán lograr.

### **Desarrollo distribuido y métodos ágiles**

Los modelos de desarrollo global seguirán evolucionando e impactando en el proceso de desarrollo. Por ejemplo, la aparición hace varios años de las llamadas “metodologías ágiles”, que ponen mucho foco en la interacción entre los integrantes de un equipo, tienen un impacto sobre la posibilidad de aplicarlas en lugares con poca compatibilidad horaria. Esto implica una oportunidad para la Argentina, teniendo en cuenta la zona compatible con Europa y Estados Unidos. Por lo tanto, se deberá invertir en especializar procesos de desarrollo que exploten estos beneficios que no pueden ser provistos por zonas más alejadas. También esto tendrá impacto sobre las herramientas que dan soporte a esa interacción más fluida. Este tipo de metodologías seguirán teniendo un alto impacto en los procesos de desarrollo ya que por sus características se adaptan más fácilmente a los entornos dinámicos que se describen en muchos de los puntos anteriores.

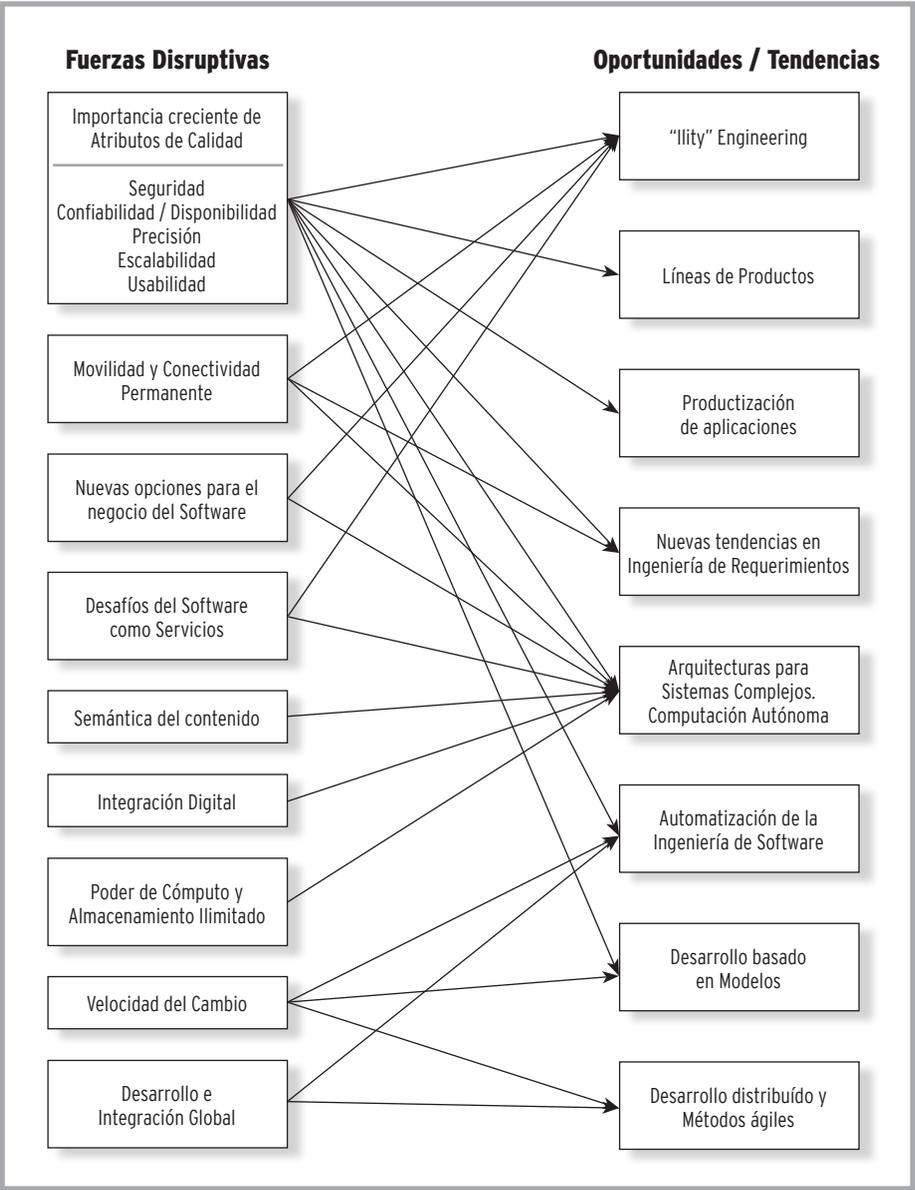
196

### **Temas no detallados**

La lista de temas detallados previamente no pretende ser una exploración exhaustiva de oportunidades y tendencias en Ingeniería de Software. Algunos temas no mencionados que habría que analizar con más detenimiento son “trust”, aplicaciones de data mining a ingeniería de software y temas de gerenciamiento.

### **Relación entre Fuerzas Disruptivas y Tendencias**

El gráfico de la página siguiente muestra algunas relaciones claras entre estos dos puntos.



## 5.2. Señales<sup>49</sup>

### 5.2.1. Áreas tecnológicas de interés

Telecomunicaciones:

- Acceso de banda ancha fijo y móvil y celular (DSL, cable, Wifi, Wimax, BPL, etc) (Wifi, Wimax, etc) (GSM de largo alcance, B3G, LTE, etc)
- Redes autónomas de sensores (manejo de tráfico, optimización de algoritmos de procesamiento en función del tráfico permitido, del consumo de energía, etc)
- Ecuilibración, rechazo de interferencias, sistemas de transmisión multi-usuario, detección y multi-muestreo
- Enlaces ópticos y optoelectrónica
- Enlaces satelitales – GPS
- Radar – sonar

Otras:

- Procesamiento (compresión) de voz e imagen
- Cancelación de eco acústico
- Bioingeniería (desarrollo de sensores y procesamiento)
- Spectrum Sharing – Cognitive radios – software defined radio

---

<sup>49</sup> Dr. Carlos Muravchik, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Investigador Superior CIC.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Capacidades: Procesamiento estadístico de señales y arreglos de sensores. Aplicación en comunicaciones, GPS, radar, biomedicina y control de procesos. Implementación en RF y digital.

Dr. Rubén Milocco, Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Investigador Independiente CONICET

Laboratorio Asociado: Grupo de Control Automático y sistemas. Capacidades: Filtrado estocástico y detección en sistemas de comunicaciones digitales.

Dr. Juan Cousseau, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Investigador Independiente CONICET.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Procesamiento de Señales y Comunicaciones, Instituto de Investigaciones en Ing. Eléctrica (CONICET). Capacidades: Diseño en RF, DSP y FPGA

Dr. Mario Hueda, Profesor Adjunto, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Investigador Asistente CONICET.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Comunicaciones Digitales (LCD). Capacidades: Procesamiento de señales para comunicaciones. Diseño e implementación de sistemas de comunicaciones digitales de alta velocidad (DSP, FPGA)

Dra. Cecilia Galarza, Profesor Adjunto, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Investigador Adjunto CONICET.

Laboratorio asociado: Grupo de Procesamiento de Señales, Departamento de Electrónica Capacidades: Diseño de algoritmos para comunicaciones multiusuario

Dr. Emmanuel Jaffrot, Profesor, Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de San Martín. Laboratorio asociado:

Capacidades: Comunicaciones digitales, procesamiento estadístico de la señal, modelación del canal de propagación, sistemas inalámbricos y de banda ancha.

### Objetivos: (asociados a las áreas tecnológicas de interés):

En la última década del siglo XX, las telecomunicaciones protagonizaron un gran avance a nivel mundial, haciendo real el concepto de “mundo globalizado” que conocemos hoy. El avance tecnológico a nivel mundial se realizó en base al esfuerzo cooperativo, o sinergia, entre investigadores tecnológicos, desarrolladores de productos, y usuarios. Por diversas razones históricas, en nuestro país no se incentivó este proceso de innovación y desarrollo tecnológico. Como resultado, en la actualidad no se cuenta con planes de fortalecimiento del área en ningún concepto, educación, entrenamiento, industria.

En la Argentina actual, el ámbito industrial concentra sus actividades alrededor del suministro de equipamientos importados y del mantenimiento de los mismos. Existe poca transferencia tecnológica para la creación de soluciones originales e innovadoras. Estructurar la investigación académica en el área de las telecomunicaciones representa el primer paso para construir la innovación industrial en este mismo ámbito.

Una lista de objetivos urgentes a un plazo mediano son las siguientes:

- Desarrollar una fuerza de trabajo educada y competente (Educación, capacitación, entrenamiento, acceso a la tecnología)
- Dominar el proceso de innovación (Investigación básica y producción de PhDs, investigación aplicada, desarrollo de polos y clusters tecnológicos)
- Desarrollar nuevos servicios y productos para el mercado global
- Generar una masa crítica de profesionales capaces de fomentar el desarrollo de la industria local de las telecomunicaciones a través de sus desarrollos innovadores
- Desarrollar el acceso a conectividad (telefonía e infraestructura)
- Participación abierta e institucional en los procesos de estandarización de servicios.
- Estimular, facilitar y gestionar los medios necesarios para el intercambio con grupos de trabajo a nivel internacional.
- Desarrollar una política “agresiva” de publicación académica al nivel internacional
- Incentivar la producción de patentes nacionales e internacionales.

199

### **5.2.2. Procesamiento de Señales para sistemas de comunicaciones futuros**

#### **Síntesis**

A continuación se discutirán varios aspectos relacionados con la enorme actividad prevista, fundamentalmente para la próxima década, en tecnologías de comunicaciones móviles inalámbricas, por un lado y sistemas de comunicacio-

nes de alta velocidad por fibra óptica. Éstas resultan ser campos de aplicación sumamente vastos para el área de Procesamiento de Señales. A partir de una motivación breve del tipo de servicios y/o aplicaciones que es posible tener en cuenta, se presenta una discusión más amplia de las ventajas y beneficios de las nuevas tecnologías. Una de las claves para hacer uso de esos beneficios será la adecuada integración de espectro, servicios y estándares. Luego se discutirán algunos requerimientos básicos, lo que impone notables desafíos para resolver. Justamente, un análisis más específico de las temáticas asociadas a esos desafíos es otro de los aspectos discutidos. Finalmente, se incluyen algunas conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado.

## Motivación

Algunos ejemplos tecnológicos que requieren procesamiento de señales para su realización son:

- Redes de sensores para el control de invernáculos, para el control individual de la producción forestal, seguimiento de animales, etc.
- Acceso a internet móvil para todos los estudiantes de una clase simultáneamente,
- Medición de la temperatura, control de iluminación, y cámaras web de monitoreo en todas las habitaciones de una casa, sin necesidad de cables en ningún caso,
- Mantener la localización (ubicación) de pertenencias, libros y/o mascotas. O un auxilio en zona de desastres,
- Automóviles formando una red, que además dispongan de alertas en situaciones de riesgo (niebla, accidentes, etc.) o que reciban mensajes de orientación (ej.: intersecciones peligrosas, velocidades límite, etc.),
- Sistemas de sensores y comunicaciones multiusuarios utilizando baja potencia con enlaces múltiples de mínima distancia,
- Sistemas inalámbricos para reemplazar cualquier tipo de cableado en ámbitos laborales y domésticos.

200

Éstas, y otras, son algunas de las promesas de “redes inalámbricas y tecnologías de banda ancha –pero también de bandas más angostas– de generaciones futuras”. En ese contexto, es evidente la necesidad no solamente de nuevas especificaciones de infraestructura y servicios, sino también de nuevos algoritmos y metodologías de procesamiento de señales. Algunos de los problemas relacionados con áreas tecnologías centrales que se desea abordar (dentro de un horizonte de 10 años) son:

- “Cocktail party problem”: ¿es posible disponer de un gran número de gente comunicándose simultáneamente entre sí en un ambiente inalámbrico, todos en la misma banda de frecuencias? Esta problemática, lógicamente, no es sólo de interés científico, sino también muy relevante teniendo en cuenta la disponibilidad limitada de espectro licenciado (UMTS, LTE). ¿Cómo pueden recuperarse las señales de los usuarios in-

dividuales; potenciando el tráfico, minimizando la latencia, minimizando la interferencia interusuarios, etc.?

- Infraestructura: ¿qué tipo de procesamiento de señales es necesario para lograr “Internet móvil”, donde dispositivos móviles tal como PDAs (Personal Digital Assistants) actúen como nodos y formen redes de estructura variable? Es importante tener en cuenta que los usuarios deberían poder comenzar a transmitir en cualquier instante, y en consecuencia los paquetes de datos de los varios usuarios se pueden superponer. Si bien este puede ser planteado como un problema de protocolos de comunicación, es sólo incorporando elementos de procesamiento de señales que se obtienen altas tasas de transmisión de datos.
- Nolinealidades en *transceivers*. Este problema, (denominado “dirty RF” en la literatura específica) tiene en cuenta imperfecciones propias del front-end analógico y/o digital (resultante de la simplificación del diseño de dispositivos móviles flexibles y reconfigurables).
- Procesamiento distribuido en una red autónoma: ¿cómo deben comunicarse los distintos componentes de la red? La variable crítica de una red autónoma es la potencia consumida. Los distintos nodos deben comunicarse entre sí en un ambiente ruidoso, sin supervisor, gastando la mínima energía posible.
- Los terminales actuales contienen en general varias normativas (GSM 900, GSM 1800, GSM 1900, Bluetooth, WiFi). La implementación actual consiste en la realización de distintos circuitos digitales en paralelo. El gran desafío de la convergencia es realizar un terminal (software defined radio, cognitive radio) con un sólo circuito que pueda ser compatible con cualquier normativa existente y futura. Según la demanda de servicio del usuario, el terminal bajaría de la red la normativa más adecuada y la implementaría en tiempo real en su procesador reprogramable.

201

Uno de los elementos novedosos, desde la perspectiva tecnológica es el uso de antenas múltiples, tanto en el transmisor como en el receptor. El uso de antenas múltiples permite el uso de mayores “grados de libertad”, de forma que los usuarios pueden transmitir simultáneamente y separarse basándose en sus posiciones específicas. Además, cada antena puede enviar una señal diferente, incrementando la velocidad de transmisión del conjunto. Las antenas múltiples pueden utilizarse también para localizar a un usuario en particular, lo que permitiría nuevos tipos de servicio multimedia.

Otra tecnología que permitirá brindar servicios de localización muy precisa, es la basada en sistemas de banda ultra ancha (UWB), las cuales permiten tener una resolución temporal y espacial muy precisa.

### 5.2.3. Beneficios de las comunicaciones móviles de banda ancha

La última década permitió ver el desarrollo de dos industrias clave que generaron notable crecimiento en economías desarrolladas: comunicaciones móviles e Internet. Estas dos industrias han brindado beneficios significativos a usuarios, industrias y economías nacionales. Por ejemplo, en un informe de 2006 de la Comunidad Europea, el beneficio neto en la economía de Gran Bretaña debido a comunicaciones móviles públicas fue estimado en €500 per capita. En forma similar, un estudio de Cisco de 2007 estimó que sólo la adopción de soluciones basadas en Internet en EEUU podrían resultar en un crecimiento anual de 0.43%. Además, un estudio reciente de la consultora Deloitte & Touche sugiere que un incremento de la penetración de comunicaciones móviles del 10% resultará en un incremento del PBI del 1.2%. Finalmente, un estudio de la consultora Ovum para la asociación GSM estimó que en 2004 la industria de servicios móviles en la Unión Europea (15 estados) generará una contribución al PBI de €105.6 mil millones, lo que la posiciona como la mayor industria TIC, a la par con las industrias de generación de electricidad, gas y agua combinados. En el mismo estudio se concluyó que esta industria era responsable por 2.8 millones de puestos de trabajo en la Unión Europea (15 países), a través de canales directos e indirectos, y que el trabajador de servicios móviles promedio genera 2,5 veces el PBI que un trabajador promedio. Esto a su vez provee a las administraciones de una entrada de impuestos estimada en €30.8 mil millones con una ganancia gubernamental debido a servicios móviles estimada en €83.9 mil millones. A ningún otro usuario potencial del espectro se le pueden atribuir tales beneficios económicos.

202

Si bien las contribuciones económicas, directas e indirectas, de las comunicaciones móviles e Internet están fuera de cualquier duda, esos logros son sólo el comienzo de una nueva era que promete beneficios adicionales significativos. Esto se debe en parte a que:

- La disponibilidad de comunicaciones móviles e Internet ha estado limitada a áreas urbanas en naciones desarrolladas.
- Los beneficios en esas industrias incluyen aspectos sociales que son difíciles de medir y se vuelven visibles sólo después que los usuarios adaptan sus vidas teniendo en cuenta la posibilidad de comunicarse y utilizarlos diariamente (por ejemplo, a través de un aumento de la seguridad personal resultante de poder contactar servicios de emergencia desde cualquier lugar, en cualquier momento).
- La confluencia y/o interacción de esas industrias está en una etapa inicial, y otorgar movilidad a Internet conducirá a beneficios nuevos que no pueden predecirse con las industrias trabajando por separado.

Evidentemente, la amplia disponibilidad de comunicaciones móviles e Internet para el público general en los mercados emergentes y usuarios en áreas rurales en naciones desarrolladas contribuirá positivamente a mejorar el impacto

de esas industrias. Sin embargo, una mejora adicional es esperable cuando las actividades de estas dos se entrelacen adecuadamente. Tal escenario permitirá innovaciones que impactarán positivamente en otras industrias y podría conducir a beneficios sociales que difícilmente puedan predecirse actualmente. Las políticas gubernamentales en varias áreas posicionan al Estado y al ciudadano como un beneficiario clave, ya que las perspectivas incluyen: desarrollo económico, creación de trabajo, y aumento de iniciativas productivas; mejor acceso a servicios universales como emergencia, educación, financieros o de salud; mejoramiento de seguridad a través de inclusión social, interacción global e interrelación cultural. Finalmente, la amplia disponibilidad de esas tecnologías conducirá a un incremento significativo en el número y diversidad de innovadores, lo cual a su vez conducirá a beneficios adicionales, ya que las oportunidades tecnológicas se democratizarán.

Algunos ejemplos de los beneficios que permitirá la disponibilidad de redes móviles inalámbricas incluyen aplicaciones existentes, tales como navegación o mensajes interactivos en Internet, aplicaciones emergentes como video conferencia portátil o TV móvil, y otras aplicaciones totalmente nuevas. Ejemplos de este último tipo de aplicaciones incluyen la predicción de algunas administraciones para combinar el mundo físico y el virtual, o el diagnóstico médico a distancia según propuesto por varios gobiernos. Como un ejemplo concreto es posible considerar el caso de objetos físicos concretos, tales como edificios o rutas que tienen disponible un punto de acceso de forma que puede obtenerse información adicional de ellos usando un dispositivo móvil y/o una red móvil. Este tipo de información podría incluir información estática, tal como historia de un edificio, o información dinámica, tal como congestión de tráfico. Además, la información podría estar disponible de una forma accesible sin necesidad de impactar en el medio ambiente como es el caso de la impresión de esa información. El tipo y número de aplicaciones que pueden desarrollarse en esta nueva etapa están limitados solamente por la imaginación y por la habilidad de las redes móviles para proveerlos de una manera eficiente. Esto, a su vez, depende de varios factores, principalmente, la disponibilidad del espectro. Si bien los beneficios de banda ancha móvil son enormes, existen lógicamente también varios desafíos y/o problemas a resolver. Para alcanzar los beneficios esperados se requerirá una amplia colaboración entre los varios miembros del ecosistema, lo que incluye operadores de redes, proveedores de servicio, fabricantes de dispositivos, administraciones, desarrolladores de aplicaciones, y vendedores de dispositivos de infraestructura.

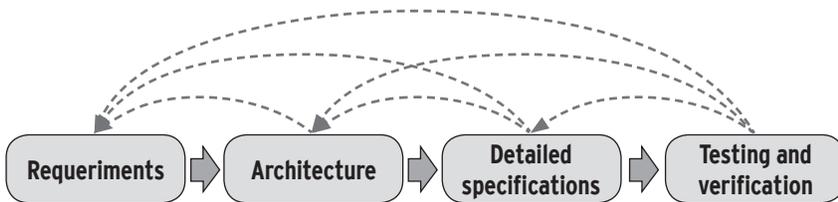
Para lograr iniciativas exitosas es posible utilizar experiencias pasadas. La industria de las comunicaciones móviles tiene una historia de éxito global cuya contribución a la sociedad y la economía pueden compararse a aquellas logradas por otras infraestructuras dominantes en el pasado, tal como red de autopistas, redes ferroviarias, estructura de puertos marítimos, etc. Sin embargo, el éxito de la industria de comunicaciones móviles, de la misma forma que otras industrias de infraestructura, no puede improvisarse, lo que requiere considerable atención en la planificación y predictibilidad. Por ejemplo, el caso de GSM (uno de los pro-

yectos de colaboración tecnológica más exitosos) fue fundado hace 20 años y su impacto todavía no se ha completado. En febrero de 1987, un pequeño número de países en Europa decidió, para organizar la fragmentación en la industria de radio, seguir tres líneas específicas para el continente:

- Proveer un servicio de radio móvil que alcance toda Europa.
- Sustituir la tecnología analógica establecida por nuevas tecnologías digitales.
- Sustituir las radios asociadas a automóviles por radios de bolsillo como los dispositivos manuales actuales.

En ese momento había considerable escepticismo y resistencia en relación al futuro de este proyecto, sin embargo, la determinación de sus impulsores condujo al más exitoso proyecto tecnológico, con más de 2.3 mil millones de suscripciones GSM vendidas en forma global hacia fines de 2006, de forma que los usuarios pueden viajar a través de más de 200 países y tener sus móviles automáticamente conectados a un servicio de telefonía móvil local. Se requirieron 12 años para que las suscripciones a GSM superaran la marca de 10 mil millones, pero sólo dos y medio para incorporar 1 mil millones. Es esperable que se consiga la marca de los tres mil millones en sólo 18 meses, alrededor de fines de 2008.

204



La experiencia de GSM está estrechamente relacionada con el proceso de estandarización. La figura ilustra las etapas de dicho proceso (especificación de requerimientos, definición de la arquitectura del servicio, especificación de la red y dispositivos, y test y verificación), y el carácter interactivo que conlleva. Es evidente que la participación y experiencias en dicho proceso son enriquecedores desde varios puntos de vista y requieren especial atención no sólo en comunicaciones inalámbricas móviles, sino en diferentes tecnologías relacionadas.

**Requerimientos:** Varios han sido los factores que contribuyeron al éxito de la telefonía móvil en general y GSM en particular. Sin embargo, no puede despreciarse la existencia de estándares compatibles y de una clara definición del espectro. En particular, la disponibilidad de un espectro organizado para GSM permitió al usuario móvil hacer y recibir llamadas y/o mensajes, independientemente del país en el cual se encontrara. Esto fue un ingrediente clave para el éxito de GSM. Otras tecnologías que también utilizaron estándares compatibles y espectro semejante han tenido dividendos similares.

En la actualidad, la industria de las comunicaciones móviles está en una encrucijada similar, y es la posibilidad de movilizar Internet de forma real lo que debe resolverse. Para ese objetivo es necesaria la colaboración, la planificación y la experiencia de la industria y las administraciones en una escala global.

Esas tareas deberían desarrollarse teniendo en cuenta:

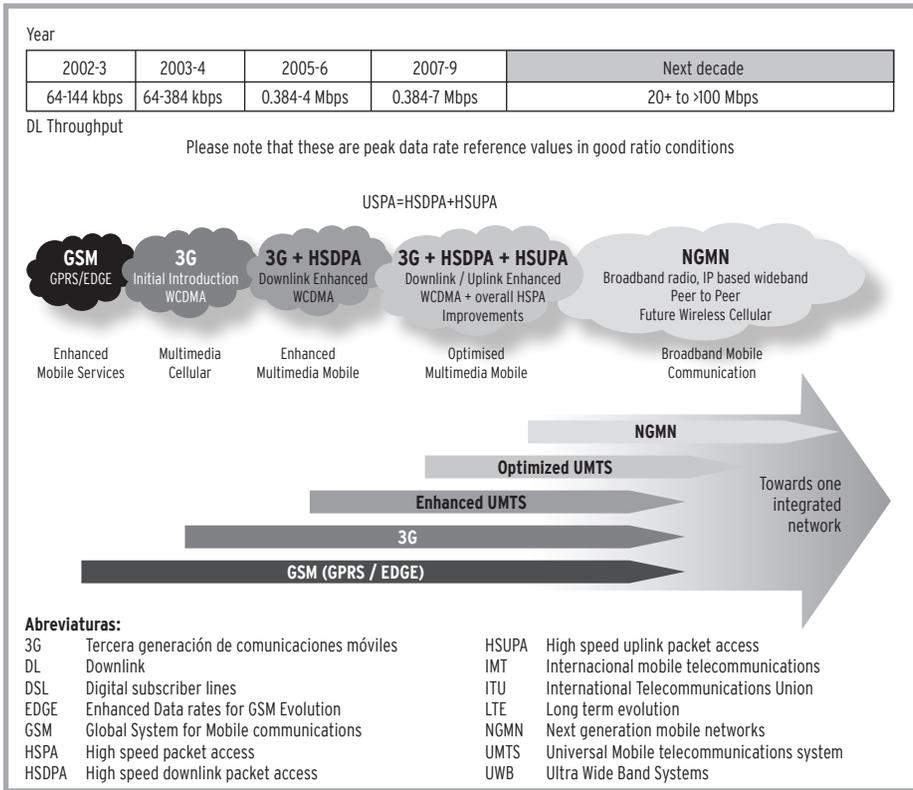
- Integración: Las diferencias de servicios entre áreas urbanas y rurales, así como entre el mundo en desarrollo y el desarrollado deberán resolverse de una forma económicamente viable.
- Desempeño: Deberá garantizarse suficiente capacidad en el sistema para asegurar servicios de banda ancha móviles eficientes,
- Flexibilidad y reconfigurabilidad: La economía de escala y adecuación de terminales deberá garantizarse implementando los mismos componentes de RF en forma global.

Para resolver la diferencia de servicios, la próxima generación de redes móviles requiere acceder a un espectro por debajo del que está actualmente asignado a servicios móviles (o sea, por debajo de las bandas de 850 / 900 MHz). Este tipo de acceso permitirá beneficios en las ciudades de alta densidad de población mejorando la disponibilidad de cobertura en interiores de alta calidad y reduciendo el costo de ese tipo de cobertura. Además, los beneficios económicos y sociales sólo se podrán realizar si la disponibilidad de ese espectro ocurre sobre una base armonizada y común. Tal disponibilidad permite la interconexión (roaming) global, así como economía de escala adecuada para la fabricación, de forma que puedan construirse infraestructura y dispositivos móviles baratos, y los servicios puedan habilitarse rápidamente. Es posible notar que el beneficio de una mayor cobertura, por el uso de bandas de más bajas frecuencias, puede ser sustancial debido a que permitiría reducir el costo de provisión del servicio al incrementar la cobertura por estación base. Esto beneficia no sólo grandes áreas con población dispersa si no también áreas urbanas a través de mejor cobertura en interiores.

Si bien la disponibilidad de un espectro apropiado en las bandas de frecuencia bajas es esencial, no es suficiente para asegurar el éxito de los nuevos servicios. El éxito requerirá satisfacer la demanda de tráfico proyectada, que a su vez requiere la disponibilidad de ancho de banda suficiente. Ese espectro está disponible sólo en mayores rangos (arriba de 1 GHz) y su disponibilidad es necesaria para asegurar la calidad de servicio.

Como hemos citado anteriormente, la disponibilidad de un espectro armonizado globalmente y un marco regulatorio consistente han sido la base para el éxito mundial de GSM. Similares condiciones han sido establecidas para el estándar asociado a comunicaciones móviles de banda ancha, IMT-2000 de la ITU en WRC-2000 (World Radio Conference), y hasta la fecha condujeron a la instalación de más de 100 redes UMTS/IMT-2000. Tales condiciones serán requeridas también por la próxima generación de redes móviles y recientemente se han

discutido los requerimientos adicionales de ancho de banda en el WRC-07 (IMT-Advanced). La figura siguiente muestra la evolución de algunos estándares de comunicaciones móviles y el desempeño esperable en cada caso.



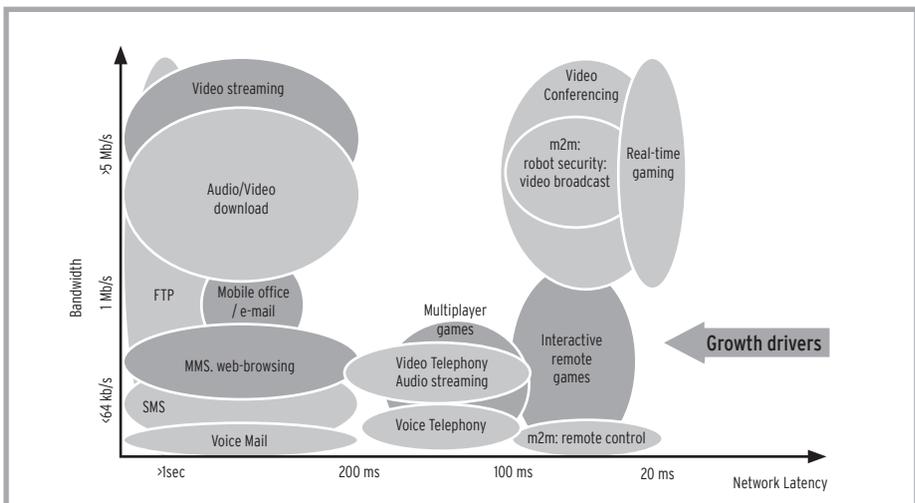
206

El mercado de las comunicaciones móviles está experimentado actualmente cambios notables. Algunos de estos cambios están relacionados con: los requerimientos de nuevos servicios, comparables en el desempeño a los de redes cableadas; los nuevos modelos de negocios introducidos por la competitividad del mercado y las mejoras en tecnologías de radio y de infraestructura. Sin embargo, la evolución de los servicios no es relevante si el usuario final no es satisfecho. Es difícil predecir el comportamiento del usuario en términos de evolución de la demanda del servicio. Esa evolución depende de factores tales como: estilo de vida, moda u otras necesidades que varían en el corto plazo. En consecuencia, la flexibilidad y la velocidad de instalación son esenciales para satisfacer las demandas. En el futuro los servicios deberán instalarse más rápido y de forma más personalizada que en la actualidad. Mientras que la voz continuará siendo un servicio universal, existe cierto número de tendencias reconocibles que influenciarán las comunicaciones móviles, al menos en los próximos años:

- Acceso a Internet. Mientras antes era utilizado para obtener textos e imágenes, se usa actualmente para obtener películas.

- TV móvil. Esto implica la distribución de video individual para el uso de servicios por demanda con capacidad de ser interactivos.
- Juegos remotos interactivos móviles y juegos en tiempo real están ganando reconocimiento en el campo del entretenimiento.
- Varios tipos de servicios de datos, voz y video disponibles mediante proveedores de DSL están entrando al mercado móvil y reemplazando líneas cableadas por servicios tanto para el hogar como para la empresa.

En consecuencia, los nuevos servicios se centrarán en comunicaciones de datos y multimedia en paralelo o en contexto con el servicio de voz. Algunos de esos servicios junto con el ancho de banda típico y los requerimientos de latencia de red se ilustran en la figura siguiente.



207

Se espera que los servicios señalados conduzcan a un crecimiento notable, lo que brindará beneficios a los usuarios y a la industria. Para ser aceptados y atractivos para el usuario, varios de esos servicios (por ejemplo, en base a video o comunicaciones de máquina a máquina) requieren altas velocidades de transmisión de datos o una respuesta con pequeño retardo (o ambos). Se espera que estos nuevos servicios absorban la mitad de los recursos de la red para alrededor del 2010. De esta forma, deberá ponerse atención en:

- Las velocidades pico y efectiva requeridas por el usuario, las que deben soportarle mediante la red.
- La latencia (o tiempo de respuesta) de camino de comunicación de datos y los canales de señalización.
- La cobertura de radio que se puede garantizar para uso óptimo de los servicios al borde de la celda.
- Los medios adecuados para invocar y mantener calidad de servicio de la conexión individual y el sistema completo.

En términos específicos, los servicios de próxima generación que tengan en cuenta estos parámetros deberán proveer hasta 100 Mbs para comunicaciones móviles y hasta 1 Gbs para comunicaciones inalámbricas fijas. Estas velocidades de transmisión demandarán aumentos considerables en los anchos de banda según lo discutido en el WRC-07.

### **Procesamiento de señales en comunicaciones móviles hacia el 2020**

El procesamiento de señales en comunicaciones inalámbricas ha demostrado su importancia en la década pasada como una herramienta fundamental de crecimiento económico; primero en las prestaciones obtenidas en redes celulares (GSM, UMTS, LTE, etc.) y más recientemente en redes de computadoras (Wimax, Wifi). La próxima década brindará desarrollos dramáticos en el área conducidos esencialmente por :

- Demanda creciente de servicios de banda ancha tales como HDTV y acceso a archivos de datos de tamaño creciente.
- Crecientes velocidades disponibles en redes fijas (DSL, 1000-base-T, FTTH y FTTB), cuyos usuarios esperan poder acceder en forma inalámbrica.
- La ganancia en eficiencia disponible a través de redes coordinadas de dispositivos y sensores autónomos, con aplicaciones en seguridad y vigilancia.

208

Esas aplicaciones introducen una serie de desafíos específicos en procesamiento de señales en comunicaciones:

- Incrementar la eficiencia de ancho de banda del sistema en un orden de magnitud.
- Incrementar requerimientos de calidad de servicio.
- Poder abarcar arquitecturas de sistemas heterogéneas, tales como de malla, multihop, punto a punto y multiestándar.
- Coordinar una multiplicidad de dispositivos autónomos usando estándares diferentes.

En particular, el área de procesamiento de señales en comunicaciones colabora en resolver estos desafíos atacando los siguientes problemas concretos:

- Reducción y manejo de interferencias. Las bandas no licenciadas del espectro están siendo utilizadas con una variedad de servicios, lo que las vuelve gradualmente más congestionadas y sujetas a interferencias. Se requiere por ende el desarrollo de técnicas de acceso al medio y técnicas adaptativas para el uso del espectro, que mejoren el desempeño de la comunicación en el caso del uso no coordinado de bandas no licenciadas.
- Adaptabilidad de los dispositivos a sistemas de acceso múltiples. La adaptabilidad para mejorar el desempeño puede ocurrir en varios niveles (nivel físico, nivel de enlace, etc.). Esta área debería considerar el desarrollo de alternativas para coordinar la adaptabilidad en sistemas

específicos y su impacto en otros sistemas que utilicen la misma asignación de espectro.

- Interacción entre técnicas adaptativas. El objetivo sería estudiar el impacto de las técnicas adaptativas anteriores, en las que interactúan varias capas del modelo OSI. La interacción puede conducir a una degradación del desempeño general y en consecuencia es necesario priorizar el uso de técnicas eficientes.
- Criterios de control de potencia. Los esquemas de control de potencia se resumen típicamente en un algoritmo muy absorbente que busca proveer el desempeño requerido en un enlace simple, observando que para otros usuarios se minimice la potencia recibida para la calidad de servicio requerida. Este modelo es adecuado cuando los usuarios tienen distintas fuentes. Cuando las fuentes son compartidas tales algoritmos no son óptimos y se requerirán alternativas que garanticen equitatividad.
- Diseño mediante procesamiento de señales de front-ends de RF eficientes. El procesamiento en cada base se diseña frecuentemente independientemente de las dificultades de implementación en RF. Las señalizaciones de mayor eficiencia espectral requieren frecuentemente altos grados de linealidad y altas relaciones de valores de potencia pico a promedio. Esto conduce a transmisores de baja eficiencia de potencia y soluciones de RF complejas. Se requieren nuevos conceptos de diseño para el caso en que el procesamiento en RF y banda base se realice en conjunto procurando menor complejidad, y mayores eficiencias espectral y de potencia.
- Operación MIMO limitada por interferencias. Las tecnologías MIMO proveen grandes ganancias en eficiencia espectral cuando las condiciones de canal son apropiadas y conocidas. La posibilidad de separar secuencias de bits múltiples enviadas sobre el mismo canal requiere conocer cómo se relacionan esas secuencias. Sin embargo, las señales interferentes son desconocidas en general, de manera que se requieren métodos para mitigar y/o reducir su influencia. Estos métodos podrían incluir un procesamiento de antena más elaborado tal como una combinación de detección – beamforming MIMO, o simplemente técnicas de separación de señales.
- Explotación del canal de radio multidimensional para nuevas aplicaciones. Los desarrollos tecnologías MIMO han puesto en evidencia que los canales no pueden ser considerados sólo como un tubo lineal sino como procesos tridimensionales complejos. La estructura del canal debe explotarse para lograr el mejor desempeño. Esto requiere el diseño combinado de antenas y procesamiento de señales.
- Aspectos de arquitecturas óptimas. Una gran parte de los avances actuales ha considerado el diseño del hardware y el software por separado. La complementación en el diseño con el objetivo de optimización debería ser una de las metodologías prioritarias.
- Compromisos entre usos coordinados o no coordinados del espectro. Para muchos sistemas, la decisión de diseño en utilizar un acceso coordinado o no coordinado es fundamental. Esto ocurre generalmente a

nivel de MAC a través del proceso regulado de asignación de canales licenciados o no licenciados. Deberían considerarse los compromisos entre ambos tipos de sistemas y las interacciones a diferentes niveles del modelo OSI.

- Diseño de sistemas eficientes en términos de energía. El diseño de sistemas inalámbricos eficientes en términos de energía es un problema importante y altamente complejo. Es importante porque los móviles operan a baterías con energía limitada. Es complejo porque el desempeño depende, en forma interrelacionada, de diferentes subsistemas: antena, amplificador, modulación, codificación para control de errores, protocolos de red, etc. Para optimizar el desempeño deberá tenerse en cuenta la relación entre los varios subsistemas y optimizar su operación con la restricción de energía del conjunto.
- Multifuncionalidad y reconfigurabilidad. En términos de codificación para control de errores, es necesario desarrollar técnicas prácticas de baja complejidad, alternativas a las formales obtenidas a partir de límites teóricos. Esto incluye, en el largo plazo, técnicas que utilicen multifuncionalidad y reconfigurabilidad, o sea, codificación que permita una aproximación a los límites teóricos, de tasa adaptativa y baja complejidad. El camino evidente es integrar las funciones de la capa física (ecualización, sincronización, detección, estimación de canal, etc.) con técnicas de codificación eficientes y técnicas iterativas de decodificación.
- Codificación combinada de fuente y canal. La importancia creciente de Internet y la aparición de sistemas móviles de 3G ha aumentado el interés en sistemas de comunicaciones multimedia robustos sobre canales no confiables. En lugar de considerar fuente y canal separadamente, mejoras significativas podrían lograrse combinando codificación de fuente y canal a través del diseño interactivo entre capas del modelo OSI.
- Procesamiento espacio–temporal: Las técnicas de diversidad – codificación espacio – tiempo o espacio – frecuencia se han convertido rápidamente en la nueva frontera de las comunicaciones inalámbricas debido a las inmensas ventajas en términos de capacidad y desempeño que permiten lograr. Esto incluye codificación espacio – tiempo para modulación de portadora única, receptores óptimos para canales con ruido impulsivo no sincrónico, diseños de diversidad – codificación espacio – temporal combinados con modulación OFDM (orthogonal frequency division multiplexing), etc. Se requerirán soluciones que permitan resolver el compromiso del uso completo de los grados de diversidad y simultáneamente transmitir a la máxima velocidad.

### **Sistemas de Comunicaciones de alta velocidad por fibra óptica**

Los sistemas de comunicación de alta velocidad por enlaces ópticos se han convertido en el medio preferido para los sistemas de comunicación digital de alto desempeño. La posibilidad de transmitir luz sobre largas distancias con un muy alto ancho de banda, baja atenuación y gran inmunidad a interferencias externas, consolidaron a la fibra óptica como un medio prácticamente ideal. Esto

alentó el tendido de grandes redes de fibra óptica, convirtiéndose en muy poco tiempo en verdaderas autopistas de información digital. Por muchos años el gran ancho de banda que proveía la fibra óptica permitió absorber sin inconvenientes el creciente tráfico de datos. La metodología de trabajo siempre fue mantener una baja complejidad en el transmisor y en el receptor, debido principalmente a limitaciones de origen técnico. Esto supone esquemas sumamente simples de modulación, codificación y ecualización.

En la actualidad, dos hechos importantes están cambiando este paradigma. Por un lado existe un gran incremento en el tráfico de datos, debido principalmente a la gran popularidad de Internet, a la transmisión de audio y video digital, al incremento de las transacciones comerciales electrónicas, etc. Esto trae aparejado la saturación de las redes ópticas existentes, y las soluciones actuales proponen complicados y costosos sistemas de compensación óptica. Por otro lado, el progreso de la tecnología de implementación de circuitos electrónicos integrados permite pensar en realizar transmisores y receptores más complejos y a menor costo.

De esta forma es posible visualizar diseños utilizando técnicas de procesamiento de señales que permitan alcanzar un alto rendimiento del canal de fibra óptica. La transmisión digital a muy alta velocidad (10 Gigabits por segundo (Gb/s) o más) por fibras ópticas exacerba los efectos de la dispersión por modo de polarización (Polarization Mode Dispersion, PMD), la dispersión cromática (Chromatic Dispersion, CD), la distorsión no lineal y otras limitaciones del canal. A estas imperfecciones intrínsecas del medio de transmisión se agrega la dificultad práctica de implementar transmisores y receptores que puedan operar a estas altas velocidades.

211

Los receptores ópticos tradicionales realizan escaso procesamiento de señales. En la mayoría de las aplicaciones actuales, las imperfecciones del canal no se compensan, o en su defecto, se compensan parcialmente utilizando técnicas ópticas que procesan directamente la señal de luz. Hasta hace unos años, las operaciones después de la conversión óptica-eléctrica estaban limitadas a la recuperación de sincronismo y a la detección de umbral. Sin embargo, y gracias a los avances de la tecnología, hoy es posible realizar un mayor procesamiento de señales en algunas funciones del receptor que requieren una importante complejidad. Esta capacidad de procesamiento podría utilizarse para compensar algunas de las imperfecciones del canal óptico. La compensación electrónica de la dispersión (Electronic Dispersion Compensation, EDC) mejora el desempeño y provee una enorme flexibilidad resultante de la oportunidad de aplicar procesamiento de señales basado en metodologías que resultan muy difíciles de realizar en el dominio óptico.

Existen técnicas puramente ópticas para controlar la dispersión. Lamentablemente, estas requieren un ajuste manual para realizar una efectiva compensación de la dispersión, resultando costosas y exigiendo un significativo tiempo de puesta a punto. Algunas técnicas híbridas, donde la compensación de la dispersión se realiza en el dominio óptico, pero la función de transferencia del equipo com-

pensador se ajusta usando una señal de error electrónica, se propusieron en varios trabajos anteriores. Una solución puramente electrónica tiene la ventaja de una mayor integración y de una más fácil y rápida adaptación de la función de compensación. Por muchos años, se emplearon receptores que utilizan ecualización adaptativa en una gran variedad de sistemas de comunicaciones no ópticos. La aplicación de técnica en receptores ópticos reduce el alto costo que tienen las técnicas de compensación de dispersión puramente ópticas. Además, el beneficio de los ecualizadores adaptativos permite eliminar el ajuste manual de los compensadores ópticos, o la necesidad de cerrar el lazo externamente.

**Innovación:** La compensación electrónica de la dispersión es sólo una de las áreas que ofrece buenas oportunidades para la innovación. Asociada a ésta se encuentra también el diseño de arquitecturas que permitan llevar a la práctica los algoritmos de compensación diseñados, teniendo en cuenta las limitaciones de la tecnología (por ejemplo, basados en procesamiento en paralelo). Por lo tanto, el potencial de esta línea de trabajo no sólo se limita a la necesidad de algoritmos que realicen la compensación de la dispersión, sino también al diseño de novedosas técnicas que permitan la implementación en hardware de dichos algoritmos.

**Transferencia:** El desarrollo tecnológico experimentado en los últimos años ha permitido disponer de poderosas herramientas para realizar la implementación en hardware de sistemas basados en procesamiento digital de señales (por ejemplo, módems). En particular, varios laboratorios de nuestro país disponen de placas con FPGA y/o DSP. Por otro lado, existen en Argentina algunos proyectos para el desarrollo de la microelectrónica, especialidad que permitirá en el futuro poner en un chip algunas de las técnicas de procesamiento de señales discutidas.

212

## 5.2.4. Para el análisis FODA de Prospectiva

### Fortalezas

Creciente número de investigadores – becarios.  
Capacidades de laboratorios en ciertas tecnologías.  
Muy buena formación de investigadores jóvenes en ciencias de la ingeniería.  
Red de jóvenes investigadores en el área (red de doctorandos).

### Debilidades

Reequipamiento de laboratorios incipiente.  
Escasa relación laboratorios - industria.  
Escasa experiencia de transferencia en laboratorios.  
Objetivos laboratorios – industrias no convergentes.  
Escaso reconocimiento - valorización de formación en industria.  
Desde hace 20 años el área de comunicaciones está olvidada y no existen programas nacionales de recuperación.  
Escasas oportunidades laborales para los investigadores jóvenes formados en el área.

Escasa política de gestión del recurso espectral (CNC).  
Escasa experiencia científica en el país en el área de teoría de las comunicaciones.

### **Oportunidades**

Decisión política positiva.  
Creciente financiación para equipamiento.  
Relación de cambio que favorece inversiones competitivas.  
Patentamiento.  
Disponibilidad de plataformas digitales accesibles que facilitan una rápida implementación de prototipos.  
Tendencia mundial a apoyar la innovación tecnológica.

### **Amenazas**

Sólo industria de servicios.  
Mala planificación.  
Manejo de políticas (estándares) con otros objetivos (externos).  
Emigración de los jóvenes profesionales, ya sea al extranjero o a otras áreas del conocimiento por falta de oportunidades.

### **Estrategias**

Comenzar con un plan de desarrollo del área. En lo que respecta a ciencia y tecnología es necesario atender a un programa de Educación superior como especializaciones, maestrías y doctorados con una clara perspectiva de inserción en el medio productivo.

Reforzar los lazos con investigadores argentinos trabajando en centros de prestigio del exterior en la temática de teoría de las comunicaciones. En lo posible, establecer un programa serio para repatriar a dichos investigadores.

Incentivar la innovación tecnológica local en el área a través de la creación de fondos específicos para el desarrollo de productos de comunicaciones.

### **Conclusiones finales**

Si bien las perspectivas económico–sociales asociadas a la temática de procesamiento de señales en comunicaciones móviles futuras y enlaces de fibra óptica de alto desempeño son altamente promisorias, su implementación y consolidación requieren un alto grado de integración y/o participación, tanto del Estado como de la industria.

Desde la participación del Estado, la formación de recursos humanos, adecuación de laboratorios y, de forma muy importante, la apertura de participación en los procesos de diseño de regulaciones (adopción de estándares, etc.), son algunos de los aspectos que conducirán a un desarrollo sostenido.

Desde la perspectiva excluyente de formación de recursos humanos, el esfuerzo realizado en estos últimos tres años por el grupo de procesamiento de señales

(actores y autores de estos lineamientos) en cuanto a la formación de un grupo de jóvenes investigadores en el área, está dando sus frutos. En este momento, este grupo de investigadores tuvo la oportunidad de mejorar su formación de base a diversos cursos en diferentes tecnologías de comunicaciones. A través de la interacción con especialistas extranjeros, numerosos jóvenes tuvieron exposición a los problemas tecnológicos que se discuten en este momento en diversos mercados.

Sin embargo, este trabajo fue sólo un primer peldaño. Si queremos contribuir seriamente con la industria de las telecomunicaciones en el país y el exterior, debemos incluir a los centros académicos y de investigación dentro del sistema de desarrollo-regulación-utilización de sistemas de comunicaciones. Para ello se requiere un esfuerzo institucional y un compromiso del Estado para que se incentive el desarrollo de tecnología local, se facilite la cooperación entre el mundo empresarial y el de los investigadores y se absorba los jóvenes formados dentro del ámbito científico-tecnológico en forma digna.

Desde la perspectiva de la industria, las iniciativas relacionadas con esta temática pueden favorecer claramente nuevos emprendimientos que procuren soluciones eficientes a nivel nacional, y que mantengan la economía de escala de las aplicaciones.

214

Finalmente, desde la perspectiva tecnológica, la reconfiguración y flexibilidad que caracterizará a los dispositivos y servicios de comunicaciones móviles futuros, y las futuras prestaciones de sistemas de comunicaciones por enlaces de fibra óptica de alto desempeño, demandará considerable ingenuidad e ingenio para resolver los compromisos de eficiencia requeridos. Una herramienta común para solucionar varios de esos compromisos es el procesamiento estadístico de señales.

### **5.3. Tecnología de Imágenes**

La ciencia y tecnología de las imágenes constituye un área de estudio que involucra un grupo amplio de focos tecnológicos y áreas de aplicación que tienen en común el empleo de imágenes y/o video y su procesamiento en formato digital y sus variaciones. Estos focos tecnológicos y áreas de aplicación incluyen las actividades científicas y tecnológicas relacionadas con el procesamiento de imágenes, computación gráfica, desarrollo de juegos, visión artificial, simuladores, desarrollo de sensores e imagers, imágenes médicas, visualización computacional, teledetección y sensado remoto, visión robótica, visión y automatización industrial, biometría, video digital, así como los grupos multi e interdisciplinarios que se concentran alrededor de estas temáticas.

La diversidad de áreas que actualmente emplean o podrían emplear imágenes y video en formato digital requiere una clasificación temática que permita su análisis en forma individual, que muestre las vinculaciones con otras áreas y que

facilite su descripción. Por ser una actividad científico-tecnológica en constante expansión, no existen taxonomías claramente establecidas. En la siguiente sección se propone una clasificación inicial de los focos tecnológicos en los cuales las ciencias y tecnologías de las imágenes podrían contribuir de diversas maneras, tanto en la creación de nuevos mercados como en el agregado de valor a los productos que actualmente se desarrollan. Esta clasificación puede ser arbitraria, y claramente muchos de los focos tienen una convergencia importante entre sí y con focos tecnológicos de otros grupos de este Foro. Estas convergencias no deben ser consideradas como una debilidad de la clasificación sino que muestran la capacidad de efectos derrame entre focos tecnológicos y por lo tanto, aquellos donde las superposiciones son importantes deben ser considerados de interés estratégico.

Por otra parte, la definición y descripción de focos y áreas de aplicación no están limitadas a la esfera de lo técnicamente posible sino que también considera variables de factibilidad económica, especialmente en el entorno local. En este sentido, los focos también se describen en términos de lo que hay que adoptar de los desarrollos globales y qué desarrollar internamente, y en este último caso cuál es la justificación para impulsar un desarrollo interno (por ejemplo, carencia de oferta global, interés estratégico por la importancia de la demanda interna o por spill-overs en la oferta, o bien porque parece una buena oportunidad en el mercado internacional, y hay un interés estratégico por el desarrollo de un sector exportador). Para esto, es necesario tener en cuenta qué capacidades locales están disponibles y bajo qué condiciones es posible contar con agentes concretos que dinamicen los desarrollos por el lado de la demanda, ya sea interna o externa.

215

### **5.3.1. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)**

#### *a) Imágenes médicas*

El interés en este foco está centrado en aplicaciones relacionadas con la radiología computacional y el diagnóstico basado en imágenes, la informatización de la gestión de la información clínica, el desarrollo de nuevas técnicas de exploración y monitoreo no invasivo, estrategias quirúrgicas, visualización de información médica y biológica, representación visual de series complejas de datos, y el descubrimiento y minería de datos en bioinformática (ver Anexo I). En particular, las nuevas tecnologías de monitoreo (fMRI, PET, SPECT) se caracterizan por producir grandes volúmenes de datos, cuya gestión y representación visual es muy compleja, pero al mismo tiempo permite una mayor riqueza del diagnóstico. En la actualidad, el objetivo en este foco es generar el conocimiento y desarrollar aplicaciones que cubran las necesidades locales en estos mercados, y alentar la colaboración con los servicios e institutos de diagnóstico por imágenes para el desarrollo de nuevas aplicaciones y la creación de grupos multidisciplinarios de investigación y desarrollo.

## *b) Percepción y sentido remoto*

Las áreas de importancia en este foco están en el desarrollo de nuevos mecanismos de sentido remoto (satelitales, sonares, sensores infrarrojo, ultrasonido, etc.), y en el estudio de los algoritmos asociados para poder identificar y analizar esa información para extraer su significado. El objetivo de este foco consiste en desarrollar sensores, y estudiar e implementar algoritmos para el procesamiento de las imágenes de dichos sensores (o utilizar imágenes disponibles) para resolver problemas que requieren de un mayor conocimiento de la información geoespacial terrestre. Actividades típicas incluyen el monitoreo ambiental, la administración de recursos naturales, el monitoreo de desastres ambientales, el control de la contaminación, evaluación de explotaciones agropecuarias, catástrofe, eficiencia térmica en edificios, soporte a la industria pesquera, entre otros. Es de destacar, en este foco, la cantidad de aplicaciones que requiere el mercado local, así como la enorme reducción de importaciones de servicios y software que podrían sustituirse, de contarse con fuertes emprendimientos locales.

## *a) c) Juegos, industria del entretenimiento*

216

Esta industria ha sido durante los últimos años la de mayor crecimiento sostenido a nivel mundial, habiendo desplazado en facturación global a muchas otras industrias tradicionales, tecnológicas o no, como la electrónica, la automotriz, o el turismo. La actual guerra de gigantes como Microsoft y Sony por el mercado de las consolas, Disney-Pixar y Dreamworks por el mercado de la animación, NVidia y ATI por el mercado del hardware gráfico, así como el de las diversas compañías desarrolladoras de juegos, muestran que esta tendencia va a sostenerse o aumentar en el corto y mediano plazo. Esta industria ha generado cambios importantes en todo el contexto ya que ha puesto al alcance hardware paralelo de muy alta performance (GPU) que puede incluso ser utilizado en resolución de problemas no necesariamente del dominio gráfico. El impacto de las GPUs en la industria del software es imposible de predecir dada la aceleración en los desarrollos que rodean a esta tecnología. Por otro lado, la industria de videojuegos en Argentina es una de las más desarrolladas comparativamente con los otros focos tecnológicos que estamos mencionando en este documento. Dentro de este foco tecnológico se puede incluir (por el tipo de actividad) el desarrollo de simuladores (de vuelo, navales, fluviales, terrestres, etc.). Un objetivo para potenciar este foco consiste en acortar la “distancia” entre la industria y el sistema académico, la cual actualmente es muy grande (no hay proyectos de investigación o transferencia, no hay carreras, materias, cursos, o actividad conjunta entre industria y universidad), lo cual redundará en potenciar las capacidades en ambos (mayor producción y creatividad en la industria, mayores y mejores RRHH, modernización de las currículas, nuevos grupos de investigación, etc.). La manera de desarrollar videojuegos está cambiando, y uno de los objetivos es acercar ese cambio a la industria local a través del desarrollo de herramientas y procesos que acompañen y satisfagan las necesidades de los estudios nacionales, cubriendo los aspectos necesarios para ayudar a la evolución de la industria de desarrollo de videojuegos en nuestro país, desde la formación de RRHH hasta la promoción del desarrollo de las tecnologías involucradas.

#### *d) Visión Industrial*

El interés en este foco se centra en la implantación de sistemas de visión en plantas industriales, lo cual permite ampliar el espectro de automatización y control en diversos procesos productivos, abaratando costos, mejorando la calidad y reduciendo el impacto ambiental. Entre el sinnúmero de aplicaciones de la visión industrial, los ejemplos más relevantes para el mercado argentino son en la industria metalúrgica (p.ej.: control en tiempo real de laminación), automotriz (inspección de calidad), petroquímica (control de hornos de craqueo), transporte (monitoreo en tiempo real de vagones de ferrocarril). Entre los objetivos para este foco deben considerarse el desarrollo de sistemas de visión industrial con certificación internacional, que permitan cubrir las necesidades en la industria local. Para eso es fundamental establecer conexiones entre centros de investigación públicos y privados y los departamentos de investigación y desarrollo de las industrias que se perfilen como posibles adoptantes de estas herramientas. Sólo a partir de la sinergia entre las demandas de los sistemas de producción y las capacidades científicas y tecnológicas pueden surgir sistemas a la medida de la industria local. Las especificidades de las plantas locales y los procesos idiosincráticos de gestión de trabajo en el sector industrial local, demuestran la imposibilidad de aplicar soluciones empaquetadas. Al mismo tiempo, los procesos de aprendizaje que se derivarían de estos desarrollos tendrían un impacto innegable sobre las capacidades locales con posibilidad de derrames hacia otros focos.

#### *e) Visualización científica*

Así como existe un caudal creciente de datos de imágenes médicas y sensores remotos, también este fenómeno ocurre con los resultados de grandes volúmenes de datos producidos por modelos y simulaciones computacionales. Gran parte de los procesos de diseño industrial, ingeniería de estructuras, hidráulica, mecánica, electrónica, y también en ciencias naturales y sociales (biología, economía, etc.) se implementan actualmente por medio de modelos computacionales, los cuales –si es posible contar con una buena realimentación con el operador– permiten acortar y flexibilizar enormemente el proceso de diseño. La interfase por excelencia en estos casos es la salida gráfica, la cual permite visualizar y manipular cognitivamente un volumen enorme de datos en tiempos interactivos. El objetivo para este foco consiste en generar conocimiento y desarrollar sistemas de visualización aplicados a la problemática de la investigación científica, el diseño industrial, y aplicaciones similares.

#### *f) Monitoreo y sistemas de seguridad*

La inseguridad en la vivienda es siempre percibida como un factor de riesgo importante en la vida cotidiana, así como en las empresas y el sector público es prioritario el monitoreo y control de accesos. Los sistemas tradicionales que satisfacen esta demanda implican un alto costo operativo, ya que requieren personal y supervisión, y muy raramente se realiza una gestión adecuada de la

información. El objetivo de este foco consiste en investigar el uso de aplicaciones basadas en imágenes para el monitoreo y seguridad física de las personas y de las instalaciones. Ejemplos de ello son la biometría para identificación de personas, la identificación de placas patente en automóviles, el reconocimiento de objetos, el análisis de patrones de movimiento, entre otros. Estas aplicaciones junto con las tecnologías de red inalámbrica, permitirán diseñar soluciones autónomas de alta sofisticación, gran flexibilidad, escalabilidad, y muy bajo costo operativo.

### *g) Procesamiento de imágenes y video digital*

En muchos grupos del sistema científico y productivo es posible observar un patrón recurrente: la existencia de imágenes o video en formato digital como fuente de información, y la falta de software o de especialistas que permitan extraer dicha información en forma rápida y satisfactoria. Por ejemplo, en los laboratorios de microscopía de los institutos de investigación en biología o ciencias naturales, existen microscopios electrónicos de alta sofisticación, que proveen software propietario para el procesamiento de las imágenes o videos obtenidos. Sin embargo, los investigadores raramente poseen la capacitación necesaria para sacar máximo provecho de las prestaciones de dicho software. Al mismo tiempo, hay muy pocos investigadores trabajando en desarrollos de nuevas técnicas de procesamiento de imágenes o video que mejoren las capacidades del software comercial existente. El objetivo de este foco consiste en el armado de equipos multidisciplinarios que permita aprovechar una capacidad latente para generar conocimiento en estos temas.

218

### *h) Sistemas de información geográfica*

El crecimiento de las aplicaciones GIS en los últimos años ha venido de la mano de los grandes requerimientos de información nucleada en presentaciones cartográficas y topográficas que se generan para los diversos aspectos de la gestión territorial (particularmente desde la popularización de la tecnología de virtual globes producida por el Google Earth). Al mismo tiempo, en el sector público y productivo esta tecnología se muestra como más económica, versátil y confiable en muchos contextos, dada la disponibilidad de los sistemas de posicionamiento global como el GPS. Estas aplicaciones son en general desarrolladas con sistemas de software comercial, que facilitan muchas veces la realización de determinadas tareas específicas, pero son pobremente interoperables con otros sistemas. En particular, tareas como la integración de bases de datos topográficas, imágenes aéreas o satelitales, e información de muestreo en campo entre varios organismos es una tarea compleja y de alto esfuerzo manual. La gestión de la información geográfica y su integración con datos afines (monitoreo ambiental, gestión territorial, catastro, control de explotaciones, etc.) termina siendo laboriosa, requiriendo personal con formación específica, y software de muy alto costo. Un caso especial en este foco es el referido al sector agropecuario y agroindustrial, donde la aplicación de tecnología genera enormes potencialidades. Existen en la actualidad una serie de sistemas que permiten generar infor-

mación cruzando datos georeferenciados de distintas fuentes que se explotan combinándolos para obtener información estratégica a nivel productivo o logístico. Sobre la base las posibilidades que brindan estos sistemas se han abierto distintas alternativas de aplicación al sector agropecuario y agro industrial (ver Sección 7.2) que van desde la provisión de información agrometeorológica hasta la agricultura de precisión. Por su parte, la combinación de los sistemas de información georreferenciada con sistemas GPS ha dado lugar a la aplicación de una tecnología informacional aplicada al agro con importantes efectos sobre costos, rendimientos y calidad de la cosecha. En el ciclo de la agricultura de precisión la información proveniente de las imágenes satelitales se revisa y complementa con la información recolectada por sensores de rendimiento con el objetivo mapear la superficie a cultivar y de esta forma detectar las diferentes necesidades del suelo en las distintas áreas. Como en el caso mencionado más arriba en el desarrollo de juegos, no hay en el sistema académico muchas ofertas de capacitación orientadas a esta temática, y la falta de grupos multidisciplinarios impide explotar el potencial existente para abordar esta problemática. El objetivo de este foco consiste en generar grupos multi e interdisciplinarios que aborden esta temática para el desarrollo de soluciones a los problemas mencionados.

#### *i) Monitoreo ambiental*

Diferentes fenómenos naturales y productos de la actividad humana han dañado los ecosistemas terrestres. Fenómenos como el calentamiento global, la contaminación de aguas y las modificaciones en las capas polares son ejemplos que han tomado interés público en los últimos años. Este foco está relacionado con el sensado remoto y con los sistemas de información geográfica, pero tiene como fin específico realizar la detección temprana y el manejo de contingencias frente a desastres ambientales o naturales, y el monitoreo del impacto ambiental en general. En un territorio vasto, con escasa infraestructura de transporte, el uso de imágenes con estos fines es indispensable. Hay diversos ejemplos que muestran la flagrante ausencia del sector público y académico en esta área, por ejemplo la recurrente aparición de manchas de petróleo en las costas patagónicas con el lamentable saldo económico y ecológico conocido por todos, y sin que se realice la condigna detección y atribución de responsabilidades. Sin embargo, dada la disponibilidad (muchas veces gratuita) de imágenes satelitales de la región, así como el conocimiento científico necesario, sólo se requiere la formación de grupos ad-hoc para poder solucionar este tipo de problemas. El objetivo de este foco es el desarrollo de aplicaciones tecnológicas que permitan detectar este tipo de contingencias y constituir sistemas de alerta temprana basadas en imágenes para el monitoreo de explotaciones mineras, pesqueras, agrícolas e industriales con el objetivo de poder manejar de manera sustentable los recursos naturales.

#### *j) Visión robótica*

La característica distintiva de esta área de aplicación es que se buscan sistemas autónomos, con cierto grado de inteligencia, que tome determinadas decisiones en base (entre otros factores) a información visual. Las aplicaciones de los sis-

temas de navegación autónomos están comenzando a ser considerados como alternativa viable para determinados problemas como por ejemplo la agricultura de precisión, el monitoreo de grandes áreas, la realización de tareas de seguridad críticas (desmontado de minas terrestres, explosivos y otras operatorias de alto riesgo humano).

### *k) Modelado y simulación*

220

Muchas empresas trabajan con sistemas de alta complejidad y que requieren diversos tipos de sistemas de simulación basados en modelos matemáticos para su estudio. Frecuentemente estos sistemas requieren de la presentación de información gráfica en la forma de imágenes para la interpretación humana de los resultados obtenidos. Los modelos pueden ser económicos, físicos, oceanográficos pero todos se caracterizan por una gran cantidad de variables estadísticas que se benefician con el análisis visual adecuado. Un ejemplo de aplicación exitoso, que demuestra el potencial de estas herramientas en la industria local, puede verse en el trabajo del Centro de Investigación de la Organización Techint (CINI) en donde, una de las áreas tecnológicas claves, Metal Forming está dedicada a la mecánica computacional (computational mechanics). En este área el CINI trabaja en la simulación computacional del proceso de Mannesman, central en el proceso de perforado en la elaboración de tubos sin costura. El modelado computacional (a través de las técnicas de elementos finitos y de diferencias finitas) sirve para simular el comportamiento de procesos industriales y reducir la cantidad de descartes de producción. En esta industria, la visión industrial se ha transformado en la clave para generar ventajas competitivas y diferenciación de producto. A través de la aplicación de modelado computacional se han logrado realizar predicciones en el comportamiento de procesos productivos complejos como son el perforado en la elaboración de tubos de acero. Estas predicciones han permitido diversificar la producción (por ejemplo con la utilización de nuevos tipos de acero) sin incurrir en los enormes gastos que plantean los métodos heurísticos convencionales. Tenaris, la empresa dedicada a la producción de tubos sin costura del grupo Techint es líder mundial y compite no sólo alcanzando los estándares internacionales sino creando nuevos estándares, posición que ha logrado y mantiene a fuerza de conocer mejor su proceso productivo.

### **5.3.2. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años)**

Además de los focos derivados del desarrollo en el corto y mediano plazo de los temas mencionados en el punto 2, podemos agregar otra serie de focos tecnológicos de largo plazo que podrían potenciarse a partir de desarrollos previos. Entre ellos pueden mencionarse: uso de motion trackers y análisis de video para deportología, simuladores industriales, telepresencia, turismo virtual, sistemas de modelado, simulación y diseño industrial, desarrollo de aplicaciones de geodatabases y geovisualización, radiología y diagnóstico asistido por computadora, modelado y visualización anatómica (prótesis, plan. quirúrgica), monitoreo remoto basado en Uvas.

### 5.3.3. Mercado Local [tendencias de demanda en el mercado local]

Agrupamos las tendencias de la demanda en el mercado en función de los focos tecnológicos mencionados en 5.3.1.

- Sistemas de visión industrial (foco *d*)  
Industria automotriz  
Acerías e industria metalúrgica  
Refinerías y altos hornos  
Frutihortícolas  
Empresas de transporte ferroviario  
Industria de alimentos
- Juegos e industria del entretenimiento (foco *c*)  
Spin-off de plataformas y engines  
Outsourcing de productos
- Visualización, simuladores y computación gráfica (focos *c*, *e* y *k*)  
FFAA  
Empresas portuarias  
Aerolíneas  
Empresas desarrolladoras de juegos  
Empresas de diseño industrial  
Estudios de arquitectura  
Empresas de turismo
- Teledetección y GIS (focos *b* y *h*)  
Sector público (municipalidades, secretarías, ministerios)  
ONGs  
Empresas de monitoreo  
Compañías de seguros  
Empresas asociadas a la industria del petróleo  
Institutos de investigación  
Empresas de servicios de cartografía  
Empresas de transporte, gestión y logística
- Imágenes Médicas (foco *a*)  
Servicios de radiología de hospitales e institutos  
Institutos de investigación médica  
Salud pública  
Profesionales radiólogos
- Video Digital y Sistemas de Monitoreo (focos *f* y *g*)  
Empresas de turismo virtual  
Empresas generadoras de contenidos  
Desarrolladores de juegos  
Empresas de vigilancia y seguridad

### **5.3.4. Mercado Global [tendencias de demanda en el mercado global]**

En este tema es importante conocer el rumbo de la actividad en el plano internacional y detectar áreas vacantes actuales y a futuro. Otra forma posible de plantearlo sería que los sectores locales de alta productividad pueden funcionar como plataformas de aprendizaje para que se desarrollen productos locales con perspectivas de exportación.

### **5.3.5. Capacidades locales actuales (científicas, técnicas, empresarias)**

#### *a) Gubernamentales*

El desarrollo científico y la transferencia al medio productivo en los focos tecnológicos relacionados con ciencias de las imágenes están, en la mayoría de los casos, iniciándose en forma incipiente. En general podemos afirmar que existe una potencialidad muy grande, la cual está en estado de latencia por la falta de agentes facilitadores de la comunicación, vinculación y traducción entre estos sectores.

#### *b) Investigación*

222

En algunas áreas temáticas existen grupos de especialistas de prestigio y también algunas estructuras institucionales que nuclean actividades científicas específicas (especialmente en imágenes satelitales y sensado remoto), como por ejemplo la CONAE. Una inspección de las bases de datos on-line de agencias nacionales que subsidian proyectos de investigación (SeCyT, CONICET, ANPCyT) muestra una baja proporción de proyectos en temas específicos de ciencias de las imágenes.

Por otro lado, una inspección de la Web of Science muestra más de 400 publicaciones indexadas relacionadas con ciencias de las imágenes, desde el año 2000, donde participa por lo menos un autor radicado en Argentina. Esto refleja que existe actividad de investigación importante en el tema, pero que actualmente dicha actividad está atomizada dentro de otros grupos y proyectos de investigación cuyo interés primario no es específicamente las ciencias de las imágenes, probablemente porque los investigadores y grupos surgieron (en épocas del sistema académico donde los recursos eran escasos) como satélites de grupos más consolidados de otras disciplinas.

Podemos mencionar que existen grupos de trabajo activos en una o más de las áreas de aplicación mencionadas en el punto 2 en las siguientes Universidades Nacionales: UBA (FCEyN y FI), UNS, UNCPBA, UNC, UNNE, y además en institutos de investigación como CONAE, IADO, CITEFA, etc.

### *c) Docencia*

No hay carreras de grado u orientaciones de carreras que tengan a las ciencias de las imágenes como contenido de alguna importancia. En el espectro de las UUNN y principales Universidades privadas, hay un porcentaje bajo en las que se dictan algunas asignaturas de grado optativas, principalmente en carreras de Informática o de Electrónica.

Las más frecuentes son procesamiento de imágenes, computación gráfica, y en menor cantidad imágenes médicas. En el ámbito de los postgrados, hay algunas maestrías o especializaciones en temas específicos, en general no acreditados. No hay ninguna articulación en red de postgrados en temas de ciencias de las imágenes entre dos o más Universidades.

### *d) Sector público*

Si bien es difícil abarcar el amplio espectro de actividades del sector público (Nación, provincias y municipios) sin hacer un relevamiento exhaustivo, es posible arriesgar que la transferencia de tecnología en ciencias de las imágenes en el sector público está lejos de ser la ideal.

Entre las responsabilidades que competen a este sector, el uso de imágenes representa una alternativa tecnológica viable y adoptada en otros países, podemos contar áreas como monitoreo ambiental de explotaciones, control de desastres, catastro, uso del suelo, valuaciones impositivas, control de accesos en edificios públicos y aeropuertos, seguridad, etc., áreas en las que es ostensible que el sector público nacional no cuenta con el soporte tecnológico que el estado del arte permite.

223

### *e) Sector Productivo*

Es posible observar que existe una brecha entre los grupos de especialistas con sus objetivos específicos de investigación, y la necesidad del sector productivo de recibir y aplicar dicho conocimiento en la forma de sistemas que faciliten la gestión de la información gráfica y permitan la toma de decisiones. El problema puntual consiste no tanto en la obtención de imágenes para fines específicos, sino más bien en el procesamiento de las mismas por medio de aplicaciones de software desarrolladas ad hoc.

Si bien actualmente existen aplicaciones de procesamiento de imágenes de diverso grado de complejidad, estas son de un costo muy elevado, y de difícil uso para el usuario sin formación específica. Estos sistemas además manejan la información en formatos propietarios, lo cual dificulta o impide una adecuada gestión de la información, la integración de resultados de diversos grupos en aplicaciones comunes, o la conversión de resultados a formatos aplicables a los dominios de conocimiento en los que se los necesita. Por otro lado existe una diversidad de información no gráfica ofrecida en la forma de bases de datos, páginas web, archivos de texto, etc., que podrían proporcionar una mayor semántica a lo visualizado en la imagen.

Existe, en síntesis, una falta notoria de productos específicos que resuelvan automáticamente problemas concretos y puntuales. Por otro lado, al tratarse de una industria de muy alto valor agregado, estratégicamente es muy favorable dada la situación coyuntural de Argentina como país exportador.

### 5.3.6. Actores clave

Podemos agrupar a los actores indispensables para el desarrollo de estos focos tecnológicos de acuerdo al sector al que pertenecen:

#### *a) Sector Público*

Dentro de este sector, es esencial la acción de los organismos de promoción del sistema científico-tecnológico.

Secretarías provinciales y nacionales  
Municipios

#### *b) Sector Productivo*

Empresas “destinatarias” de la tecnología.  
Empresas de servicio que agregan valor al desarrollo de la tecnología y facilitan su adopción.  
Empresas que participan directamente del desarrollo de la tecnología.

#### *c) Sector Académico*

Grupos de investigación en UUNN  
Institutos de investigación

#### *d) Otros actores sociales*

ONGs  
Sociedades profesionales (ADVA, ...)

#### *e) Socios locales e internacionales*

[Socios de los actores sociales relevantes]

### 5.3.7. Objetivos en el corto/mediano plazo

#### **Objetivos:**

- Incorporación de tecnología de imágenes en los sistemas productivos para agregar valor, reducir costos, mejorar prestaciones, ampliar mercados.

- Desarrollar una industria de servicios basados en imágenes.
- Potenciar las capacidades productivas individuales actuales a través de una coordinación y articulación de esfuerzos.
- Facilitar la adopción de tecnología de imágenes en la gestión gubernamental.
- Establecer centros de científicos-tecnológicos a través de una planificación.
- Incorporar los cambios necesarios en el sistema académico para mejorar la formación de RRHH.

### 5.3.8. Acciones recomendadas

#### **Nuclear a la comunidad**

Una de las prioridades para orientar las actividades es establecer una sociedad nacional de especialistas y crear una red de excelencia en ciencias de las imágenes. Esto es de importancia vital tanto para definir, con el adecuado grado de detalle, las diferentes acciones descriptas a continuación, como para coordinar las acciones puntuales evitando la superposición y duplicación de esfuerzos. Una comunicación fluida tendrá como efecto inmediato producir una sinergia que activará las capacidades latentes (cada parte aportará su pieza en el rompecabezas global), facilitará la tarea de estandarizar los productos finales e intermedios (bibliotecas de software, especificaciones formales, frameworks) y funcionará como “billboard” para mantener a la comunidad informada acerca de las oportunidades, proyectos y resultados.

225

#### **Definir áreas estratégicas, nuevos mercados, y áreas de vinculación**

Tanto en investigación, y docencia como en transferencia, la vacancia en Argentina es importante, por lo que se requiere una estrategia para priorizar y sincronizar los esfuerzos, dónde obtener el mejor ROI tanto en el área intelectual como en generación de nuevos negocios para la industria local. Una de las tareas esenciales en esa dirección es relevar el mercado actual de aplicaciones, determinar la existencia de nuevos productos comercializables, y diagnosticar áreas de sustitución de importaciones. También es necesario establecer áreas de vinculación tecnológica y eventualmente la incubación de empresas, para convertir a las ciencias de las imágenes en un producto estratégico que permita atraer mercados ya consolidados y/o emergentes que actualmente tienen a otras regiones como principales proveedores.

#### **Implementar un laboratorio virtual para el desarrollo de aplicaciones**

Una de mayores urgencias actuales radica en la falta de soluciones informáticas para un gran conjunto de problemas académicos, productivos, y de generación de políticas gubernamentales. El mercado requiere aplicaciones que permitan a la industria local hacer uso de técnicas avanzadas de toma de decisiones asistidas por tecnologías gráfica y de visualización. La solución más eficiente a corto plazo consiste en implementar un Laboratorio Virtual que actúe como referente nacional. Esto permitirá concentrar la información sobre la demanda de siste-

mas y servicios, y vehiculizar su desarrollo hacia el grupo de especialistas más indicado.

### **Creación de una plataforma unificada con tecnología local**

La gran mayoría de los sistemas informáticos utilizados actualmente son productos comerciales de alto costo tanto de inversión como operativo. Esto, además de generar los problemas característicos de la tecnología propietaria, los hace no interoperables con otros sistemas, estándares o aplicativos independientes. Un objetivo que facilitaría y agilizaría enormemente el desarrollo de aplicaciones sería contar con una biblioteca o SDK localmente desarrollada con el patrocinio de un consorcio integrado por las agencias de Ciencia y Técnica, las Universidades, las Cámaras de Software y todos los organismos que deseen participar en la especificación. Se hace énfasis de esta forma en la interoperabilidad de los productos nacionales y la generación de un marco regulatorio en la exportación de productos estratégicos que hagan uso de dicha tecnología.

### **Impulsar la investigación en áreas vacantes**

Esta acción se establece a partir del financiamiento de programas especiales para proyectos de ciencia y técnica, que permitan concursar becas internas y externas, visitas de investigadores de prestigio internacional y también becas posdoctorales de investigadores argentinos, en las áreas de investigación en ciencias de las imágenes.

## **226 Potenciar la docencia a nivel nacional**

Es imprescindible llevar a cabo intercambios de docentes especialistas nacionales para el dictado de cursos, dirección de postgrados, etc. en otras UUNN, así como el dictado de cursos de extensión para instituciones y empresas. Una manera específica de implementar este propósito consiste en crear postgrados en red entre varias universidades. También resulta indispensable prever las vacancias actuales y futuras en el mercado laboral, y para ello crear especializaciones en temas puntuales como imágenes médicas, teledetección y sensado remoto, visión robótica e industrial, etc. Sería deseable que todas estas actividades estén nucleadas alrededor de objetivos curriculares consensuados a nivel nacional.

### **Contar con instrumentos de financiamiento adecuados**

La transferencia de tecnología se lleva a cabo con restricciones de tiempo muy diferentes a las de los proyectos de investigación, por lo que se requieren instrumentos de financiamiento adecuados. Una posibilidad al respecto consiste en contar con convocatorias con fecha abierta y/o condicionados, que permitan que los grupos de investigación realicen su presentación condicionada a los acuerdos con los stakeholders. También se hace énfasis en la necesidad de becas profesionales que permitan una gestión ágil y flexible de los recursos humanos para poder llevar adelante las tareas de transferencia.

### **5.3.9. Plataformas tecnológicas de alto impacto productivo a promover en las ciencias y tecnologías de las imágenes**

*a) Descripción breve de las plataformas tecnológicas*

#### **Segmentación y cuantificación de objetos y texturas en imágenes**

El problema de la segmentación en imágenes digitales consiste en separar adecuadamente el área de interés del fondo de la imagen. Ejemplos de este problema genérico son delimitación de áreas con alguna característica distintiva que se desea detectar (cultivos en imágenes satelitales, tejidos en imágenes médicas, etiquetas de productos en plantas industriales, etc.).

#### **Reconocimiento, identificación, e interpretación automática de imágenes**

El reconocimiento e identificación en imágenes ya segmentadas implica incorporar conocimiento de alto nivel (inteligente) dentro del pipeline de procesamiento, tendiente a integrar diferentes objetos en una imagen de manera de emular la cognición humana. Ejemplos característicos son el reconocimiento de rostros en sistemas de seguridad, la identificación de objetos móviles en plantas industriales, etc.

#### **Métodos inteligentes de tracking en secuencias de video**

El tracking en video implica el reconocimiento e interpretación automáticas incorporando además la coordenada tiempo, lo cual en algunos aspectos dificulta el reconocimiento por la complejidad adicionada, pero por otra parte lo facilita si es posible extrapolar en el tiempo la identificación efectuada en cuadros anteriores. Los ejemplos destacados son la visión computacional y robótica, la deportología, la robótica móvil, etc.

#### **Fusión y corrección multiespacial, multitemporal, y multimodal**

Este problema consiste en integrar, ponderar, y evaluar los datos espaciales provenientes de diferentes sensores, en diferentes momentos, y con diferentes calidades. Los ejemplos característicos son la fusión de imágenes geoespaciales provenientes de misiones satelitales, integrándolas con fotografías aéreas, modelos digitales de elevación (DEMs), datos de GPS, y estaciones de sensado, siendo todos estos datos de diferente disponibilidad, calidad, resolución, etc. y habiendo sido tomados en diferentes momentos. Otro ejemplo de gran importancia es la corrección de datos médicos (tomografías, ecografías, atlas médico, etc.) para el diseño de prótesis y órtesis, la planificación quirúrgica, etc.

#### **Rendering, modelos de iluminación, realismo, y animación**

El problema del rendering en computación gráfica puede definirse como el diseño de estructuras de datos y algoritmos que permitan la representación visual

de modelos geométricos de los objetos, y del transporte de luz en la superficie de los mismos. La animación agrega a este problema la dimensión temporal. Los ejemplos de este problema los podemos encontrar en la tecnología de computación gráfica (juegos, videos de animación), la realidad virtual y aumentada, la telepresencia, etc.

### **Rendering de volúmenes**

El rendering en modelos 3D se diferencia del rendering en computación gráfica por el hecho de que se busca representar visualmente datos volumétricos (i.e., el interior de objetos), por lo que no se emulan leyes físicas conocidas. El ejemplo más importante de este problema es la visualización de datos médicos (tomografías, PET, CAT) de manera tal de poder representar los datos adquiridos como un sólido traslúcido que permita al especialista radiólogo identificar y diagnosticar apropiadamente. Ejemplos similares pueden encontrarse en el diseño industrial, donde los datos a representar pueden provenir de simulaciones computacionales de la propiedades de un objeto (v.g., la turbulencia de un objeto aerodinámico en un túnel de viento virtual).

### **GPGPU**

228

Si bien hay en el país grupos investigando la programación de arquitecturas multicore, computación grid, y cluster de computadoras, las GPUs (Graphic Processing Units) representan en la actualidad la mejor alternativa en costo y prestaciones para el cómputo concurrente y paralelo, siendo esta tendencia cada vez más acentuada. El uso de este hardware popular para usos científicos se conoce como GPGPU (General Purpose GPU), área que está concitando la atención de un creciente número de grupos de investigación internacional. Entre las aplicaciones del GPGPU podemos contar la simulación y modelado en tiempo real de grandes estructuras, la resolución interactiva de problemas numéricos de gran complejidad, etc.

### **Integración de bases de datos 3D (geoespaciales, médicas, etc.) en simuladores y visualizadores**

Las bases de datos espaciales (geográficas, médicas, etc.) forman parte creciente del activo disponible para usos y aplicaciones. Por otro lado, la tecnología de simuladores (de vuelo, fluviales, de pista, etc.) no ha tenido en cuenta desde su inicio la posibilidad de manejarse dentro de terrenos o entornos que no fuesen simulados. La integración de estas dos tecnologías permitirá extraer el máximo provecho de cada una, haciendo posible el desarrollo de aplicaciones hasta ahora impensadas.

### **Motion capture, haptIC, poise estimation**

Este problema puede definirse como realizar la captura de información gestual o cinemática de personas u objetos. Para ello se cuenta con dispositivos espe-

cíficos, o pueden desarrollarse métodos de captura basados en visión computacional (menos eficientes pero de menor costo). Ejemplos de esta problemática pueden encontrarse en deportología (entrenamiento y evaluación de deportistas), juegos (determinación de secuencias de movimientos para personajes), control gestual de aplicaciones, etc.

### *b) Descripción de las áreas de aplicación*

#### **Sistemas de visión industrial**

- Tipos de productos o mercado  
Localización de objetos móviles en plantas  
Detección de fallas en laminados  
Monitoreo de combustión en altos hornos  
Monitoreo en hornos de cracking  
Monitoreo visual de calidad  
Inspección visual de parabrisas, rodamientos, partes mecánicas
- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Industria automotriz  
Acerías e industria metalúrgica  
Refinerías y altos hornos  
Frutihortícolas  
Empresas de transporte ferroviario  
Industria de alimentos

229

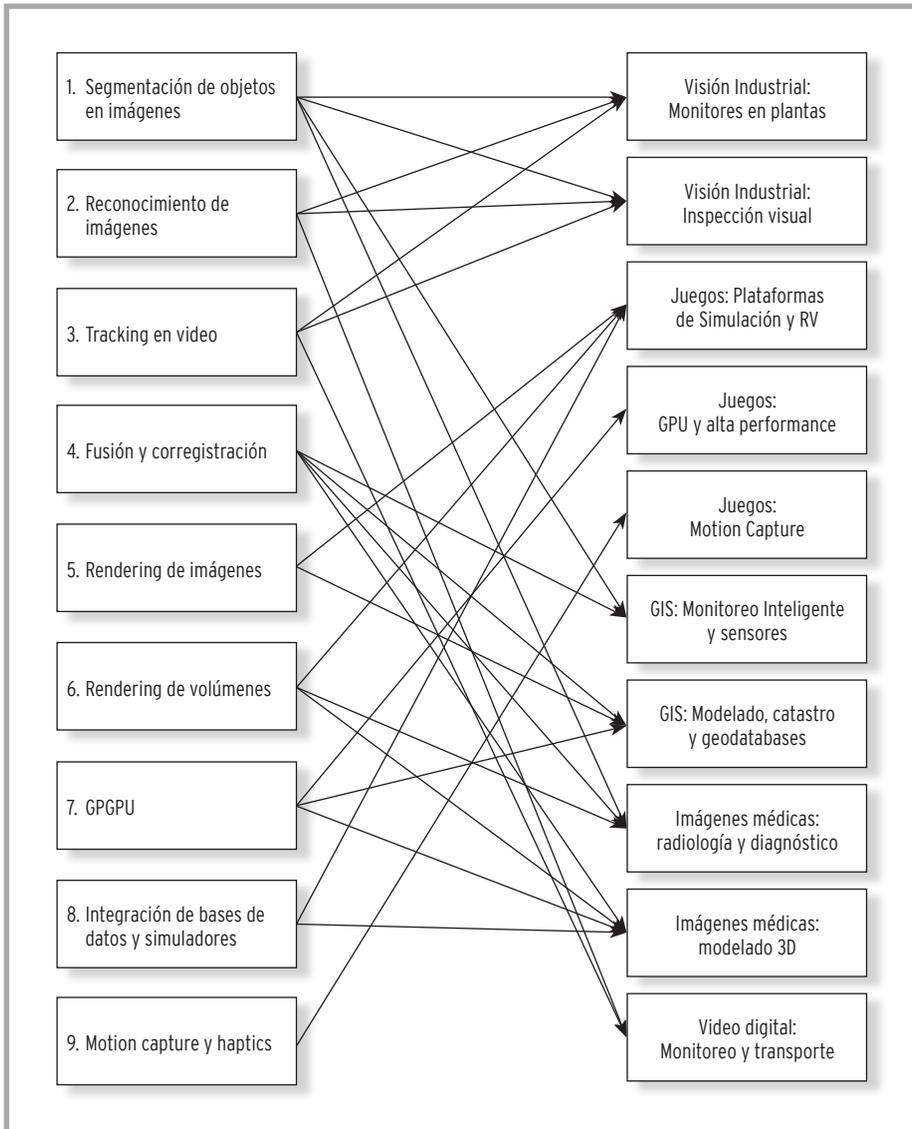
#### **Juegos e industria del entretenimiento**

- Tipos de productos o mercado  
Plataformas de simulación (aérea, naval, etc.)  
Laboratorio de motion capture  
Programación de GPU y Computación de muy alta performance  
Realidad virtual o aumentada  
Telepresencia  
Spin-off de plataformas y engines  
Outsourcing de productos
- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Empresas desarrolladoras de juegos  
Empresas de diseño industrial  
Deportología  
Estudios de arquitectura  
Empresas de turismo  
FFAA, defensa  
Empresas portuarias  
Aerolíneas

## Teledetección y GIS

- Tipos de productos o mercado  
Monitoreo inteligente con imágenes de sensado remoto  
Sensores Infrarrojos  
Cartografía y catastro digital  
Geodatabases y Geovisualización  
Monitoreo inteligente con sistemas embebidos

230



- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Sector público (municipalidades, secretarías, ministerios)  
ONGs  
Empresas de monitoreo  
Compañías de seguros  
Empresas asociadas a la industria del petróleo  
Institutos de investigación  
Empresas de servicios de cartografía  
Empresas de transporte, gestión y logística

### **Imágenes Médicas**

- Tipos de productos o mercado  
Radiología computacional  
Diagnóstico por imágenes y diagnóstico asistido por computadora  
Modelado anatómico 3D  
Planificación quirúrgica  
Diseño de prótesis
- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Institutos de diagnóstico por imágenes  
Servicios de imágenes y radiología en hospitales  
Institutos de investigación médica  
Salud pública  
Profesionales radiólogos

231

### **Video Digital y Sistemas de Monitoreo**

- Tipos de productos o mercado  
Aplicaciones de video por IP  
Televisión digital  
Telepresencia  
Encriptación  
Watermarking  
Compresión  
Tracking e identificación
- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Empresas de turismo virtual  
Empresas generadoras de contenidos  
Desarrolladores de juegos  
Empresas de vigilancia y seguridad

## 5.4. Software Embebido<sup>50</sup>

### 5.4.1. El software y los sistemas embebidos (empotrados o insertados)

Podemos definir al sistema embebido como un subsistema electrónico de procesamiento, programado para realizar una o pocas funciones para cumplir con un objetivo específico. Generalmente es parte integral de un sistema heterogéneo mayor, que puede incluir partes mecánicas, eléctricas y/o electromecánicas. Por el contrario, un sistema de procesamiento de propósito general, tal cual una computadora personal, puede realizar diferentes tareas dependiendo de la programación.

En la actualidad, los sistemas embebidos forman parte de la vida cotidiana de todos. La mayoría de los consumidores, a los que la palabra computadora les trae la imagen de una PC no tienen información de la tremenda cantidad de procesadores o microcomputadoras que forman parte importante de su vida diaria de todos. Se despiertan con la alarma del reloj digital, preparan el desayuno en un microondas, conducen automóviles asistidos por computadoras de abordaje, realizan estudios médicos utilizando instrumentos biomédicos como los tomógrafos, monitores cardíacos y ecógrafos. El amplio rango de aplicaciones abarca desde entretenimiento y confort hasta vigilancia, seguridad, salud y protección al medio ambiente.

232

Otros ejemplos de una larga lista de sistemas embebidos son la mayoría de los periféricos de una computadora, los teléfonos celulares, los ruteadores, los PDAs, los que permiten operar los cajeros automáticos, discos duros, misiles, aviones y todo tipo de transporte, instrumental de medición y control, etc.

Existen un importante número de aplicaciones de sistemas embebidos para la reducción del consumo de recursos naturales: calderas inteligentes usan la mínima energía para mantener confortable la temperatura del ambiente; sistemas de riego programables hacen uso del agua en horarios y períodos convenientes. La mayoría de los procesos industriales confían en algún tipo de control computari-

---

<sup>50</sup> Grupo de trabajo:

Coordinador: Ing. Andrés E. Dmitruk, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

Integrantes:

Dr. Acosta Nelson, Grupo Inca/Intia, Facultad de Ciencias Exactas (UNCPB)

Ing. Arancibia Juan Carlos, Centro de Electrónica e Informática (INTI)

Ing. Barragán Gustavo, Cámara de Electrónica e Informática del Litoral

Dr. Cayssials Ricardo, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)

Ing. Jalón Osvaldo, Centro de Electrónica e Informática (INTI)

Ing. Luppi Daniel, Centro de Electrónica e Informática (INTI)

Dr. Orozco Javier, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)

Dr. Ing. Patiño Daniel, Facultad de Ingeniería (UNSJ)

Ing. Spositto Osvaldo, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

zado para optimizar el uso de la energía y alcanzar las regulaciones internacionales de protección ambiental.

Un sistema embebido (SE) está integrado por circuitos integrados programables, memoria flash o ROM, el correspondiente circuito impreso y el software embebido o empotrado como parte esencial del mismo sistema, conocido en inglés como firmware o embedded software. El software empotrado se utiliza para controlar los productos electrónicos y usualmente se ejecuta sobre un microprocesador interno, o en un microcontrolador, o en un procesador digital de señal (DSP), o en una compuerta programable en campo (FPGA), o en un controlador lógico programable (PLC) y a veces en una PC de propósitos generales adaptada para fines específicos.

Este software difiere del software convencional de una computadora de propósitos generales en una serie de características que justifica considerarlo como un nuevo campo de investigación y desarrollo dentro de las tecnologías de la información. Tiene entre otras las siguientes características:

- Tiene una interfaz directa con el hardware del dispositivo y es el intermediario entre el software de alto nivel y la funciones del hardware. Su lenguaje de programación, en la mayoría de los casos es de bajo y mediano nivel.
- Debido a que un sistema embebido está dedicado a una tarea específica, el diseño puede ser optimizado reduciendo los costos, el tamaño del producto y el consumo de potencia, a la vez de incrementar la confiabilidad y eficiencia.
- Los sistemas informáticos incluidos en productos electrónicos que controlan por ejemplo fábricas, tráfico aéreo y la distribución eléctrica se denominan sistemas de tiempo real. Los sistemas de tiempo real se diferencian de los sistemas informáticos de aplicación general en que deben cumplir con requisitos de tiempo que no sólo implica velocidad de respuesta, sino garantía de acción en el instante requerido de acuerdo a lo especificado. El software consiste en un programa que realiza tareas específicas el cual puede incluir un sistema operativo en tiempo real (RTOS).
- La naturaleza dedicada en tiempo real del sistema conduce a un mayor grado de dependencia y a una mayor integración con el hardware. Son una combinación de hardware y software en un mismo paquete. Sobre el principio de esta interrelación software-hardware es que se basa, en forma creciente, la producción de equipos electrónicos de nueva tecnología.
- Para alcanzar la meta de desarrollar sistemas insertados eficientes, es necesario emplear sistemas de arquitectura apropiados, hardware de interfaces y dispositivos periféricos, sensores e implementar robustos programas de software para su control. Todos ellos son utilizados en equipos y sistemas electrónicos que requieren el codiseño integrado de HW/SW.
- Generalmente se ejecuta en un hardware limitado tanto en velocidad como en cantidad de memoria.

- En numerosos casos requieren capacidad de autopruueba, tanto del software como del hardware.
- Típicamente, el software debe ser extremadamente confiable, muy eficiente y compacto, y muy preciso en su respuesta al no siempre predecible instante de la transmisión de la información de ingresos y salidas (Interfaces I/O.) Su tolerancia a fallas o a “tildarse” es muy baja, porque una vez en manos del usuario en la mayoría de los casos es muy difícil o imposible de realizar cambios.

**Dentro del SW embebido se pueden distinguir a su vez diferentes categorías:**

- El SW original o básico, indispensable para el funcionamiento del aparato, el cual constituye su sistema operativo ad-hoc. El lenguaje de programación es assembler, C/C++ o VHDL. Este tipo de SW, de carácter eminentemente tecnológico, está incorporado en el aparato desde la salida al mercado de este último.
- En general, este SW requiere un elevado esfuerzo de creación inicial, a cargo de mano de obra de muy alta especialización. Usualmente su costo se reparte en la cantidad de equipos entregadas al mercado. En la mayor parte de los casos no se modifica a lo largo de su vida activa, siendo reemplazado al aparecer un nuevo modelo de artefacto.
- Un segundo tipo de SW es el requerido por algunos de los equipos o aparatos incluidos en el apartado anterior, pero que por condiciones específicas, como pueden ser requerimientos regulatorios de una determinada comunidad, pero también condiciones existentes o simplemente modalidades o costumbres, se hace necesario adaptar el equipo original al uso específico requerido.
- Otro tipo de SW de carácter embebido o tecnológico, generalmente insertado en una Pc dedicado a este fin específico, es el dedicado al gerenciamiento, supervisión y control de sistemas complejos cuyo funcionamiento implica la interrelación de gran cantidad de equipos o aparatos. Este SW es, por ejemplo, el que permite el funcionamiento de las redes de comunicaciones de voz, video, audio y datos en la industria de las comunicaciones, y el funcionamiento y control de los distintos procesos en la industria manufacturera.

234

Dada la posibilidad, muy frecuente en la práctica de que dichas redes estén conformadas por elementos de muy diversa procedencia y tecnología, la creación y optimización de este SW es particularmente crítica y el que requiere la mayor especialización y recursos de todo tipo.

Características particulares del SW tecnológico embebido, en especial de las dos últimas categorías descritas, son:

- Requiere de mano de obra sumamente especializada, no sólo de carácter informático y electrónico sino de otra con conocimientos profundos del funcionamiento de los diferentes elementos que conforman el entorno en el que debe funcionar el equipo. Incluye alta capacidad para

el diseño y desarrollo.

- No es posible el desarrollo por especialistas en una única disciplina.
- Además de los programadores, analistas y otros expertos en informática, en mayor medida que el software de aplicaciones generales se requiere el concurso de matemáticos, ingenieros especialistas en telecomunicaciones, electrónica, transmisión de datos, mecánicos, de procesos, etc.

#### **5.4.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo.**

La opinión de los expertos, tanto a nivel nacional cuanto internacional, es que la creación de nuevos componentes microelectrónicos y nanoelectrónicos, microprocesadores multinúcleos, sensores y actuadores tipo MEMs, en general con mayor velocidad de procesamiento, mayor densidad de dispositivos y nueva arquitecturas continuará en la próxima década, dando lugar a la aparición de nuevas aplicaciones y al reemplazo de funciones que hoy se ejecutan en forma mecánica o electromecánica, lo que creará oportunidades para el ingreso de nuevos actores, pero también peligros para aquellos productores que sigan utilizando tecnologías más maduras en sus productos y no se adapten a los cambios.

Los continuos avances en el dominio de la física, la química, la biología, la mecánica las comunicaciones y la electrónica entre otras disciplinas, permitirán desarrollar productos cada día más complejos como una composición tecnológica de sistemas embebidos los cuales estarán especialmente concebidos para producir resultados significativos en términos de desempeño, calidad y costo en su área específica de aplicación.

235

Los sistemas embebidos son y serán un componente crucial en la mayoría de los dispositivos electrónicos incluyendo los productos de consumo diario o los equipos más complejos. Las comunicaciones, los equipos de monitoreo, supervisión y control industrial, equipamientos electromédicos, industria automotriz y del transporte son sólo algunos de los ejemplos de su utilización. En general, una creciente cantidad de equipos de uso diario serán controlados por software y a su vez estos mismos equipos, crecerán constantemente en prestaciones.

Por su lado, la propia industria electrónica seguirá cambiando, requiriendo para ello modelos y estructuras de diseño que permitan atender ciclos de vida de producto cada vez más reducidos. Así como el microprocesador y otros elementos programables significaron un cambio profundo en la concepción y el diseño electrónico al integrar HW y SW pasando de la lógica cableada a la programada, la creciente utilización de componentes versátiles y reconfigurables como los FPGA significa el cambio hacia un hardware que pueda evolucionar al paso de los requerimientos tecnológicos conservando sus atributos de eficiencia, robustez y costo competitivo. Si a ello se agrega la creación en el país de una mayor capacidad en el diseño de circuitos integrados de aplicación específica y de sensores y actuadores se puede concluir que se crearán oportunidades de generar innovaciones tecnológicas en nichos de mercado.

A pesar de su enorme inserción en todos los órdenes de la actividad y productiva de la sociedad, el software embebido tiene un atraso relativo respecto al de la aplicación general en Pcs. y de los grandes sistemas de cómputo donde se alcanzan eficiencias productivas mayores. Esta menor productividad que existe a nivel mundial representa una oportunidad para países como el nuestro, pues todavía se trata de una tarea artesanal, no automatizada, donde la creatividad y la capacidad innovativa son un factor competitivo de gran importancia. Desde el punto de vista del software, resulta imprescindible el desarrollo de metodologías que permitan un tratamiento del sistema en forma modular pero manteniendo una fuerte coherencia con el dominio del problema. De esta manera, cada una de las partes interactúa con las restantes, teniendo el menor solapamiento funcional. Claramente, esta especialización es en sí misma el paradigma de los sistemas embebidos.

Las nuevas arquitecturas de los procesadores generan capacidades que deben ser consideradas y aprovechadas para la eficiencia del desarrollo. Por ejemplo la irrupción del paralelismo de los microprocesadores es un factor que permite incrementar sustancialmente la potencia del cómputo y eficiencia del sistema y por ende debe ser incorporado en el codiseño del sistema embebido.

### 5.4.3. Mercado global

236 Cada vez más productos electrónicos diferentes de las computadoras, incorporan programas dentro de sí (software embebido). Estos en general no aparecen en las estadísticas de producción de software y servicios informáticos, sino que quedan incluidos y sin diferenciar en los datos usuales de la producción de bienes y servicios electrónicos (constituida hoy en forma dominante por las aplicaciones de la microelectrónica), por lo que no es posible distinguir dicho contenido a partir de las estadísticas usuales. Por ello en general se recurre a datos indirectos para visualizar su importancia.

- La Unión Europea a través de Cordis publicó el resultado de estudios en los que se informa que el mercado de sistemas embebidos (constituido por circuitos integrados programables, software e impresos pero donde no está incluido el valor agregado a ellos para lograr el producto final) pasará de una facturación de 46.000 millones de dólares en el año 2004 a una estimada de \$ 88.000 millones de dólares en el año 2009, con un crecimiento del 14% anual. Para el mismo período se estimaba un crecimiento del 8% en la producción de PCs y estaciones de trabajo.
- En el año 2002 se habían vendido más de 6.000 millones de procesadores de todos los tipos (4 a 64 bits, incluyendo DSPs). Esta sorprendente cantidad es, inclusive, un 25% inferior, debido a la crisis económica mundial, al récord de ventas de 8.000 millones alcanzados dos años antes. De estos 6.000 millones, solamente un 2% pasaron a ser el cerebro de computadoras (PCs, Macs, y estaciones de trabajo Unix), mientras que el 98% restante pasó a formar parte de sistemas embebidos, como producto final o bien intermedio.

- Otro ejemplo interesante, sobre todo teniendo en cuenta la importancia que tiene en nuestro país, es su incidencia en la industria automotriz. En 1990 el costo de la electrónica por auto, en Europa, era de u\$s 940, mientras que en el año 2005 era de u\$s 1.720. En un automóvil moderno no se puede pensar en redes de menos de 30 procesadores controlando sus funcionalidades, cada nodo controlado por su propio software embebido. En el mencionado estudio de la UE publicado en Cordis sobre el “Futuro de los sistemas embebidos”, se informaba que en el valor final de un automóvil en Europa (excluido impuestos) la contribución de la electrónica (en gran proporción sistemas embebidos) pasaba del 20% en el 2004, al 36% en el 2009.

Debido a su creciente importancia, los gobiernos de los países desarrollados realizan esfuerzos especiales para promover su desarrollo, lograr una inserción mayor en este mercado e incrementar su capacidad tecnológica en este sector de creciente valor estratégico.

El programa de la Unión Europea para el desarrollo de la Tecnología de la Sociedad de la Información (IST programme) pone un especial énfasis en el desarrollo de sistemas embebidos creando un grupo de trabajo denominado: “Tecnologías del Software, Sistemas Embebidos y Sistemas Distribuidos” en su estrategia de desarrollar lo que ellos denominan “Ambient Intelligent environment”. Este ambiente inteligente (AMI) involucra sistemas directamente bajo el control humano y también sistemas que estudian el entorno del ser humano que no estén observados directamente por él. AMI involucrará enormes y complejos sistemas distribuidos que requerirán grandes desarrollos de aplicaciones de software y de la infraestructura para desarrollarlo en forma eficiente.

El programa EUREKA-ITEA es otra iniciativa europea para promover la investigación para el desarrollo de estos tipos de sistemas software intensivos.

Por otro lado, en los Estados Unidos, programas como “Embedded, Everywhere” o iniciativas como la de la IEEE creando el nuevo foro sobre “Pervasive Computing”, o la organización del evento “Embedded Systems Conference” que anualmente se realiza tanto en la costa este como en la costa oeste, y las múltiples publicaciones especializadas confirman la complejidad y la importancia mundial de los Sistemas Embebidos.

#### **5.4.4. El mercado local**

En las últimas dos décadas el mercado electrónico del país (que también en forma creciente incluye sistemas embebidos) tuvo un crecimiento importante, aunque constituido en su gran mayoría por productos importados. En la década del 90, según estimaciones de la Comisión de Electrónica del Foro de Competitividad de las TIC, basadas en estudios realizados por FLACSO e INTI, constituyó entre el 12% y el 14% de las importaciones totales del país. Estas importaciones, en conjunto

con la producción local significaron (en la década y según el año), un valor entre el 1,5% al 2% del PBI del país. Según el Sector de Economía Industrial del INTI en 2005 el déficit de la balanza comercial de productos electrónicos fue de U\$S 3.405 millones y según la misma fuente, de mantenerse la tendencia, en 2015 el déficit alcanzará la suma de U\$S 11.075 millones que puede plantear situaciones críticas por los cuellos de botella que se pueden crear.

La producción local de electrónica, que desde fines de la década del 80 y durante la del 90 sufrió una importante reducción del valor agregado local y del número de empresarios, en los últimos años, aunque con muchas restricciones, se ha comenzado a recuperar. En efecto, el sector empresario local en el cual se han incorporado nuevos actores con buen nivel tecnológico, está retomando el camino de la creación y el desarrollo de nuevos productos, estudiando y abriendo mercados, incorporando y calificando personal y adquiriendo los niveles de calidad que hoy se exigen. Según la mencionada Comisión del Foro TIC, en el año 2006, alrededor de 900 empresas, muchas de ellas microempresas, que empleaban unas 20.000 personas, estaban trabajando en el mercado nacional y producían alrededor de 200 tipos de productos y sistemas, varios de los cuales se exportaban. Entre los productos fabricados que incluyen sistemas embebidos, se pueden mencionar los del siguiente listado:

- Analizadores electromédicos de parámetros clínicos.
- Autopartes basadas en tecnología de circuitos híbridos.
- Centrales telefónicas públicas y privadas de pequeña y mediana capacidad, incluyendo aquellas, del tipo softswitch en las que se incorpora software para redes convergentes.
- Concentradores telefónicos digitales y analógicos.
- Conmutadores “inteligentes” para ahorro de energía en iluminación.
- Controladoras industriales de nivel, temperatura, humedad, etc.
- Controles de acceso de personas y vehículos.
- Electroencefalogramas y electrocardiógrafos.
- Enlaces mono y bicanales de radio comunicaciones, analógicos y digitales.
- Equipos “inteligentes” de electrónica de potencia, tales como fuentes ininterrumpibles de energía, máquinas soldadoras, equipos de corte por plasma, de protección catódica, etc.
- Expendedores de boletos para transporte público.
- Impresoras y controladoras fiscales.
- Incubadoras “inteligentes”.
- Monitores de medio ambiente.
- Monitoreo, programación y control de estudios de radio y televisión.
- Parquímetros electrónicos.
- Sistemas de semáforos inteligentes.
- Sistemas de alarmas electrónicas, alámbricos e inalámbricos.
- Sistemas de control para máquinas de envasar.
- Sistemas de posicionamiento para uso en agricultura de precisión.
- Sistemas de monitoreo y control del desarrollo de cultivos y fitomonitorio en tiempo real para agricultura de precisión.

- Sistemas electrónicos y control en maquinaria agrícola.
- Sistemas de posicionamiento y radioenlace para despacho y control de flota.
- Sistemas de telefonía rural.
- Tarifadores telefónicos.
- Terminales de atención bancaria y equipos auxiliares.
- Equipos y sistemas a medida para resolver problemas específicos de empresas productoras de bienes y servicios.

Algunas de las empresas, entre ellas unas pocas internacionales, son proveedoras de firmas productoras de sistemas embebidos, que tercerizan el desarrollo del software embebido.

#### **5.4.5. Capacidades locales**

Según un relevamiento realizado por el INTI en el 2007 que abarcó a 384 empresas productoras, el 78% de las empresas manifestó que trabajaba con diseños propios, lo que es un indicador de un buen nivel tecnológico.

Además de la capacidades empresariales en las 900 empresas mencionadas, como una base para una política de desarrollo del sector electrónico, principal fuente de producción de sistemas embebidos, se debe considerar la generación de recursos humanos por parte de las Universidades y la existencia de grupos de investigación y desarrollo.

En efecto, y según datos del Foro mencionado, en el año 2006, además de las 3000 personas que se graduaban en carreras de informática, se graduaban en las universidades alrededor de 600 ingenieros electrónicos por año. Se debe considerar, para una política de crecimiento del número de graduados que están estudiando dichas carreras un número de alumnos considerablemente mayor y que por distintas razones no llegan a recibirse.

Se encuentran activos, si bien la mayoría de ellos son pequeños, un buen número de grupos de investigación y desarrollo que trabajan en sistemas embebidos en la UTN Regionales Bs.As., Córdoba, Rosario y Rectorado, Facultades de Ingeniería de las Universidades Nacionales de Buenos Aires, La Plata, Centro de la Provincia de Bs As, La Matanza, Córdoba, Tucumán, San Juan, San Luis, Mendoza y Litoral y en instituciones como el INTI, la CONEA, CITEFA, CONAE y el INVAP. En la última convocatoria realizada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la SECyT (actualmente el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva) se seleccionaron tres IPPAE relacionadas con la electrónica, una relativa al diseño de Circuitos Integrados, otra con sensores y la tercera, la Red EICAR que incluye una gran proporción de proyectos con sistemas embebidos. La Red EICAR está integrada por grupos de 8 Instituciones Universitarias de distintos puntos del país, abarca algo más de 200 investigadores y profesionales del área de la electrónica y del software, y está apoyada por dos cámaras empresariales (CEIL y CASEL).

### 5.4.6. Actores claves

Se encuentran entre los mencionados en el punto anterior, pero teniendo en cuenta que los grupos y las empresas en general son pequeñas en relación a las exigencias actuales del mercado y la evolución tecnológica se los debe fortalecer y promover en la constitución de redes de cooperación, como las que se han presentado a las IPPAE mencionadas.

### 5.4.7. Objetivos en el corto y mediano plazo

Un sendero recomendable para ciertos países como el nuestro, es el de combinar la producción de SSI para computadoras con el desarrollo de una industria manufacturera cada vez más compleja con una componente más importante de bienes en la electrónica profesional, en los llamados nichos de mercado o productos boutiques. Se cuenta para ello con una abundante oferta, por parte del mercado internacional, de nuevos componentes micro y nanoelectrónicos, capacidad de diseño local en FPGA y una creciente capacidad en diseño de circuitos integrados de aplicación específica.

240

La producción de equipos de la llamada electrónica profesional generará una demanda adicional de software embebido que permitirá la expansión del sector de las TIC y mejorará la competitividad de la industria manufacturera en sí misma, creando nuevas fuentes de trabajo calificado que compensen y superen la pérdida que se producirá como consecuencia del avance tecnológico al reemplazarse dispositivos electromecánicos por similares aunque con mayores prestaciones y menores costos, de origen electrónico.

En nuestro país existen sectores en los cuales ya la electrónica vinculada a los sistemas embebidos, sea producida localmente o importada, tiene un efecto multiplicador importante, que se incrementará. Ello se verifica en aspectos tales como:

- Agroindustrias, en la que la certificación de la trazabilidad de los alimentos, en especial la carne, para superar barreras técnicas a la exportación, implica incorporar chips a los productos, lectores y procesadores de la información. Estos chips, de relativamente baja densidad de integración pero gran volumen de mercado, no sólo pueden diseñarse en nuestro país, sino que luego de ser fundidos en alguna "silicon foundries" del exterior, pueden terminarse de fabricar localmente y luego incorporarse a equipos que procesen la información, desarrollados en hard y soft también en el país.
- Sistemas de telegestión, telesupervisión y telecontrol de servicios, producción y recursos naturales tales como: alumbrado público, explotación de pozos petrolíferos y gasíferos, redes de distribución de recursos de energía, áreas pesqueras, apoyo a la producción agrícola ganadera, aseguramiento del mantenimiento de la cadena de frío durante el transporte de mercaderías, etc. Estos temas resultan relevantes en un país

tan extenso y con zonas de muy baja densidad de población, que debe optimizar el uso de sus recursos.

- Sistemas como los descritos en el punto anterior, y por las mismas razones, para su aplicación en temas de seguridad tales como: alerta temprana de emergencias y posibles catástrofes, vigilancia de fronteras, control de rutas y campos, transporte de sustancias peligrosas, etc.
- En telefonía, establecimiento de la portabilidad numérica (móvil y fija), concreción del derecho al servicio universal para todos los habitantes del país y avanzar en una red nacional de cooperativas telefónicas que brinde alternativas y flexibilidad a su operatoria. Todo ello crearía nuevos servicios, contribuiría a la integración nacional y potenciaría el resurgimiento de una industria local de telecomunicaciones, tanto en hardware como en software.
- Extensión del acceso a la información y a la comunicación a través de Internet a mayor número de hogares, aprovechando que el 98% de ellos poseen al menos un receptor de televisión, y que su densidad por hogar es y seguirá siendo mucho mayor que la penetración de las PCs, y su uso más familiar para la mayoría de la población. Ello implicará el desarrollo de una red, el software y los dispositivos de adaptación necesarios, que seguramente llegarán con un costo menor que las computadoras, cuestión importante para personas de menores recursos y otras no interesadas en todas sus aplicaciones pero que requieran del correo electrónico y la navegación por la Web. Esto seguramente se potenciará con la introducción en nuestro país, en los próximos años de la Televisión Digital Interactiva, que es ya una realidad en EE.UU., varios países europeos y algunos latinoamericanos.
- El llamado gobierno electrónico o gobierno digital, como forma de contribuir a la transparencia y optimización de la gestión pública y facilitar y agilizar las tramitaciones de la población. No sólo se requerirá del correspondiente software de aplicación de computadoras y de manejo de bases de datos, sino que su extensión a todo el país y a cantidades crecientes de su población implicará la creación de una infraestructura, nuevamente en hard y soft de redes de comunicación, puntos de acceso y nodos de procesamiento de la información.
- Redes de información para edificios “inteligentes”, que proveen un óptimo y confiable servicio en este nuevo mercado, permitiendo compartir el intercambio de datos de sistemas computerizados, monitoreo y control de eventos, máquinas hogareñas y accesorios a través de una red local.
- Sistemas de pago que operan en auto-servicio. Si bien en el país, por ahora, está restringido a usos bancarios, permite suponer un enorme desarrollo con posibilidades de aplicación en el pago de ventas minoristas. Su extensión a sistemas de identificación personal con datos clínicos relevantes y otros del portador de la tarjeta posibilitarán medios adicionales del cuidado de su vida ante una eventual emergencia.
- Electrónica para el automotor, creando nuevas aplicaciones pero también reemplazando autopartes electromecánicas actuales.
- En la última década se verificó un rápido crecimiento de soluciones

móviles embebidas con gran impacto en el consumidor (por ejemplo a través del uso masivo del celular). Seguramente esto continuará en los próximos años pero no centrado en el consumidor final, sino en el campo de su uso, en la producción de bienes y servicios y en el transporte, en el que se verificará una mayor demanda de sistemas autónomos y con conectividad inalámbrica.

Si se quiere tener éxito en algunas de las áreas mencionadas anteriormente, un tema clave será el aumento de las capacidades de los grupos de investigación y desarrollo existentes y la mejora continua, tanto en cantidad como en calidad en la formación de los recursos humanos, a nivel técnico como profesional y postgrado.

- Un aspecto importante será la ampliación de las capacidades académicas a nivel de doctorado realizados tanto a nivel local como internacional en temas de modelado, sintetizado y verificación de arquitecturas y sistemas modulares, metodologías de software orientadas a sistemas embebidos, herramientas de integración de sistemas complejos, sistemas de tiempo real, arquitecturas reconfigurables, codiseño hardware/software/sistema y comunicaciones, entre otras áreas de interés. Para ello resulta necesaria la creación de espacios de trabajo multidisciplinar en las universidades e institutos de investigación con grupos provenientes de las ciencias e ingeniería de hardware y software con una infraestructura de equipamiento de avanzada.
- En forma prácticamente simultánea, pero con una mayor dinámica tanto en su concreción como en su financiamiento, se deberá lograr una masa crítica de magíster y especialistas tecnológicos con capacidades directamente volcadas a los sectores productivos, ya sea con emprendimientos propios o como artífices de transformación y modernización de la industria electrónica existente.

Cabe mencionar las particularidades en el desarrollo de los sistemas embebidos desde el punto de vista de la especialización de los recursos humanos requeridos:

- El diseñador enfrenta el problema que en estos sistemas, muchas veces, no se presenta una tan clara distinción entre hardware y software. El software es en muchos casos una extensión del hardware, componentes del hardware son reemplazados por algoritmos controlados por software. Muchos sistemas embebidos trabajan en tiempo real, el software debe responder a un evento externo en microsegundos. El software y hardware están tan interconectados que el rendimiento de ambos es crucial para tener un sistema útil; a veces, decisiones de programación influyen profundamente la selección del hardware.
- El programador de sistemas embebidos es en parte ingeniero (con conocimientos de hardware), parte analista de sistemas, y parte programador

tradicional. Los ingenieros deben ser entrenados para realizar compromisos entre rendimiento, prestaciones y costos de un producto.

- En nuestro país, las carreras de Ingeniería Electrónica que hoy cuentan con una buena base en programación son las que brindan la formación básica para este tipo de desarrollos, aunque se debe destacar que hay carreras de Informática en algunas universidades que incluyen el tema del software embebido. Tomándose como modelos sus currículas deben superarse barreras que existen en otras instituciones entre las carreras de electrónica y las de Informática, teniendo en cuenta la convergencia tecnológica cada día más acentuado entre estos dos campos, con vistas a la creación de la especialidad en sistemas embebidos. La Red EICAR, integrados por grupos de electrónica y de informática es un buen ejemplo de esta integración.
- Históricamente, los sistemas embebidos eran programados por diseñadores de hardware, dado que sólo ellos conocían los detalles de bits y bytes de su última creación. La creciente complejidad de los sistemas embebidos requiere el correspondiente incremento en la especialización del equipo de diseño. Una nueva clase de ingenieros en firmware ocupa un lugar entre diseñadores de hardware y programadores tradicionales. De cualquier modo, los programadores que desarrollen un código embebido siempre tendrán que tener un conocimiento detallado del software y del hardware que integran un sistema, y de la interacción con sensores, actuadores, etc., es decir, con los dispositivos que son las interfaces con el mundo real.
- Por otro lado se debe tener en cuenta que en el desarrollo de sistemas embebidos además de los ingenieros electrónicos, programadores, analistas y otros expertos en informática se requiere el concurso de matemáticos, ingenieros especialistas en telecomunicaciones, transmisión de datos, mecánicos, de procesos, etc., por lo que la capacitación para trabajar en grupos multidisciplinarios será un elemento importante.

243

Para tener impacto en el campo de la actividad económica y de esa manera contribuir a mejorar la calidad de vida de nuestra gente se hace necesario contar con un sector industrial fuerte y de alto nivel tecnológico, lo que implica medidas de apoyo por parte de los sectores gubernamentales involucrados que complementen la política de tipo de cambio alto y permitan que este sector de la industria electrónica alcance una masa crítica que incremente su penetración en el mercado tanto local como internacional.

El énfasis deberá estar puesto en el aumento del valor agregado local, por ello deberá realizarse simultáneamente una política que incentive la generación propia de tecnología, desarrolle proveedores de partes y componentes producidos en el país y promueva la formación de empresas que realicen desarrollos de software embebido como proveedoras de empresas integradoras de sistemas embebidos tanto locales como internacionales.

#### **5.4.8. Factibilidad de alcanzar los objetivos**

En un escenario optimista el Estado provee un apoyo específico e importante para el desarrollo del sector industrial basado en las premisas enunciadas en el capítulo anterior, lo que creará una demanda mayor de formación de recursos humanos a todo nivel, de alta calificación y una relación más estrecha entre los grupos de investigación y desarrollo y el sector productor de bienes y servicios. Las instituciones universitarias reciben el apoyo necesario para satisfacer estas necesidades.

En este escenario, la industria, que actualmente exporta, incrementa en forma importante su presencia en el mercado de productos especiales, con el aporte científico tecnológico de grupos de excelencia que se han desarrollado en el país.

Como consecuencia de todo ello, a partir del 2015 se gradúan al menos 1000 ingenieros electrónicos por año, que se incorporan mayoritariamente a una industria que para ese año ya emplea a alrededor de 35.000 personas.

El crecimiento del valor agregado local supera el aumento del mercado que todavía sigue siendo dominado por la importación, aunque en volúmenes menores que el actual.

244 En un escenario pesimista, el mercado electrónico continuará creciendo pero soportado por la importación (suponiendo que no se produzcan cuellos de botella en la balanza comercial). El país perderá empleos calificados al suplantarse productos fabricados con tecnologías tradicionales por otros realizados en el exterior con tecnología electrónica e informática.

El crecimiento del sector académico es menor y con el objetivo implícito de formar profesionales mayoritariamente para tareas de apoyo técnico a la venta, instalación y mantenimiento y de contar con grupos de investigación y desarrollo que mantengan actualizado en el país conocimientos que se generan en el exterior.

#### **5.4.9. Medidas concretas**

Convocar a la Comisión de Electrónica del Foro TIC para que los distintos sectores involucrados, tanto desde el punto de vista empresarial, como académico y gubernamental completen la tarea iniciada en el 2006 y formulen un conjunto de propuestas a corto, mediano y largo plazo.

## 5.5. Micro y Nanoelectrónica

### 5.5.1. Breve descripción

La idea de encapsular circuitos electrónicos en un sólo dispositivo surge a principios de la década de 1950 como resultado de la aplicación del transistor (1948). El concepto se transforma en producto destinado al público en general recién en los años setenta, cuando los progresos en la tecnología de semiconductores permiten el desarrollo del circuito integrado. Rápidamente la industria adopta esta nueva tecnología, y a su vez esta hace posible la evolución y creación de otras: comunicaciones, satélites, computación móvil, telefonía, seguridad, digitalización de la información en diversas áreas como audio y video por citar las más difundidas. Menores costos, mayores prestaciones, mayor robustez y confiabilidad, reducción de tamaño y consumo son sólo algunos de los beneficios directos de la aplicación de la microelectrónica en la industria de consumo. Todos ellos, si bien importantes, no pueden compararse con el extraordinario aumento en las prestaciones y en complejidad de los diseños electrónicos con un costo marginal prácticamente nulo. Esta es una de las razones fundamentales que hacen que la microelectrónica se constituya en uno de los mayores factores impulsores de los procesos de innovación.

A partir de finales de los años 90, la tecnología de circuitos integrados comienza a incursionar en tamaños de canal de transistores, por debajo de los 100 nanómetros (nm). Actualmente, se encuentran en producción comercial procesos de 45nm. El ITRS (Internacional Technology Roadmap for Semiconductors) publica periódicamente “roadmaps”, que definen las metas a alcanzar a futuro, especifican los siguientes avances para la década siguiente (ver Tabla A).

245

**TABLA A**  
**ITRS; NODOS TECNOLÓGICOS PARA EL TAMAÑO FÍSICO DE COMPUERTA EN EL CORTO PLAZO.**

Año de Producción	2005	2006	2007	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tamaño físico de compuerta (nm)	32	28	25	23	20	18	16	14	13

El desarrollo de productos de microelectrónica involucra generalmente varias etapas en las que el nivel de valor agregado disminuye a lo largo del proceso total (I+D vs. manufactura).

Los grandes eslabones del proceso son:

- Diseño de circuitos. Producto de alto valor agregado resultante de la aplicación de conocimientos y experiencia del diseñador.
- Herramientas de Software de diseño (CAD), verificación y simulación.
- Fabricación de prototipos y ensayo.
- Fabricación de chips con prueba en línea.
- Encapsulado y prueba final de integrados.
- Integración de chips, electrónica y software en sistemas (e.g., teléfonos celulares, PDA).

### 5.5.2. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)

Desarrollo de la industria de propiedad intelectual en diseño de circuitos integrados (microelectrónica y nanoelectrónica)  
Desarrollo de software asociado para diseño y verificación (EDA-CAD)  
Desarrollo de la industria de servicio de diseño  
Mejoras en la competitividad de la industria electrónica nacional

### 5.5.3. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años)

Desarrollo de la industria de valor agregado basada en postprocesamiento de circuitos integrados (donde el microchip se diseña localmente, se encarga a fábricas fuera del país, y se aplican pasos de procesamiento posterior en el país) para su integración híbrida con: (1) estructuras MEMS; (2) nanotubos y nanopartículas; (3) microfluídica; (4) accionadores de RF y de potencia; para aplicaciones en: (1) biomedicina; (2) monitoreo ambiental; (3) agricultura y ganadería; (4) energía.  
Desarrollo de Electrónica no-convencional (por ejemplo, plástica).  
Desarrollo de la cadena de valor completa, diseño y fabricación de circuitos integrados.

### 5.5.4. Mercado Local

246

Un reciente estudio encargado por el INTI, denominado “Estudio sobre la Industria Electrónica Argentina”, a través del Proyecto de Cooperación Internacional “Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina” encuestó 484 empresas, de las cuales 384 fueron empresas oferentes y 100 empresas demandantes del sector electrónico. Este estudio se enmarca además dentro de las actividades promovidas por el proyecto de Areas Estratégicas (PAE) en Microelectrónica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

El estudio fue realizado por Mercados Horizontales ó Areas Tecnológicas, comprendiendo: Telecomunicaciones, Informática, Control Automático, Instrumental y otros equipos, Electrónica de entretenimiento y Consumo, Componentes y Materiales e Ingeniería de Integración. Se constató la existencia de 797 empresas del sector electrónico, que ocupan en promedio 25 empleados por empresa –representando 20.000 personas empleadas en el conjunto– con una facturación promedio del orden de \$ 1,5 millones por empresa, y una facturación total anual del orden de los 400 millones de dólares (U\$S 20.000 por empleado/año, ó sea U\$S 1.666 por empleado/mes).

Cabe destacar que, el 78,6% de las empresas utiliza diseños propios y el 81,8 % manifiesta desear proteger su diseño con un integrado propio, mientras que el 80,7% expresó que integrar parte o la totalidad de sus circuitos electrónicos le resultaría una ventaja competitiva importante. En particular, el siguiente grupo de empresas inició gestiones para la definición de proyectos concretos:

- TRONIK, fabricante de fuentes y convertidores de energía eléctrica
- ECAMEC, fabricante de instrumentos de medición de energía eléctrica
- SYSTELAB / AMR, fabricante de equipos para telemedición y gestión de energía eléctrica
- RMI, fabricante de radioenlaces de microondas y repetidores e inhibidores para telefonía móvil.
- EXEMYS, fabricante de interfaces industriales
- HIBRICOM, fabricante de circuitos híbridos
- MEGATECH, fabricante OEM de centrales de conmutación telefónica IP
- INVAP, desarrollo de radares, satélites, reactores nucleares
- PENTACOM, Gestión de distribución de la energía

### 5.5.5. Mercado Global

A partir de mediados de los años 80 la industria microelectrónica forjó su camino de especialización separándose en dos grandes áreas de valor. La primera área corresponde al desarrollo de las tecnologías de fabricación. Esta área extremadamente competitiva y cara llevó a la especialización de empresas que brindan acceso a las tecnologías que se las denomina “foundries”. En el otro extremo de la cadena de valor, un producto integrado pasó a ser sólo un problema de diseño y de servicio de integración y con la creciente disponibilidad de herramientas de diseño el número de diseñadores creció así como las buenas ideas resultando ser un motor de empuje sostenido de la industria, desde entonces.

247

En la actualidad, muchas de las grandes empresas internacionales han recurrido al “outsourcing” de servicios, tanto de fabricación como de diseño. En el primer caso como resultado de los costos requeridos para mantener actualizada una planta de fabricación de última tecnología, siendo el caso de Texas Instruments el más emblemático. En el caso de diseño, las empresas o “design houses” sufren a nivel global de una escasez de recursos humanos calificados, lo cual resulta en una demanda de diseños que no se puede satisfacer por completo. Esto hace necesaria la tercerización de servicios a otras compañías, o a diseñadores freelance, o a grupos en universidades. A los actores existentes en el plano internacional, se suma Brasil, con la apertura en el año 2007 del centro de Fabricación CEITEC de tecnología de señal mixta de 0.65um (<http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/>). Alrededor de este centro se encuentran ya operando cinco casas de diseño, con el objetivo de producir soluciones para la industria local, especialmente en rubros como los siguientes: Automatización Industrial y Comercial, Tecnología de la Información, Telecomunicaciones, TV digital, Electrónica Automotriz, Electrónica de Consumo, Aeronáutica, y RFID (Identificación por Radio Frecuencia).

### 5.5.6. Capacidades locales actuales

#### Sector científico

Dentro del sector científico, se están desarrollando con éxito líneas de investigación en circuitos integrados analógicos y digitales, circuitos de telemetría para marcas inteligentes (RFID), sensores, circuitos de bajo consumo e imagers, MEMS para sensado de variables ambientales y biológicas e instrumentación. Esto se está llevando a cabo en laboratorios de UNS, UCC, INTI, UNR.

UNS y UCC poseen grupos de investigación en la temática de diseño de circuitos integrados analógicos, digitales y de señal mixta.

Gracias a colaboraciones entre centros de desarrollo como CNEA, INTI, UNSAM, y UNS se están aprovechando capacidades de nuestro país en el diseño de dispositivos microelectromecánicos y nanotecnológicos como: (1) componentes MEMS de radiofrecuencia y circuitos para antenas de satélites de muy bajas pérdidas de señal, que no requieren posicionamiento mecánico, logrando un bajo consumo de energía y ventajas en el control de actitud del satélite; (2) olfateadores portátiles y de prestaciones diversas para los sectores de seguridad nacional e industrial, narices electrónicas, sensores de gases y dispositivos afines; (3) sistemas de liberación controlada de drogas medicinales en el cuerpo humano, con sensores inteligentes y/o reservorios autocontrolados; (4) biosensores MEMS para diagnósticos instantáneos compuestos por circuitos avanzados y nanotubos, nanocables o nanohilos; (5) Nanopartículas específicas para el análisis in vivo de tejido pancreático usando Positron Emission Tomography (PET).

## 248 **Sector técnico**

Desafortunadamente, el sector técnico debe reconstruirse a nivel nacional y no existe disponibilidad en la actualidad de técnicos capacitados en la temática.

### **Sector empresario**

El sector empresario en el área de diseño es casi inexistente. Sólo hay dos empresas, Allegro Microsistemas (Buenos Aires), y Clariphy Argentina (Córdoba), dedicadas al diseño de circuitos integrados analógicos, y de comunicaciones, respectivamente. Cada una de estas empresas tiene en la actualidad unos 20 empleados promedio, y emplea al grueso de los graduados con conocimientos en Microelectrónica producidos en las universidades. Una tercer empresa, EMTECH, de menor tamaño (4 a 5 empleados), provee soluciones integradas basadas en FPGA o en integración rápida de chips mediante diseño de las capas superiores de metal y celdas estándar, servicio provisto por la empresa ChipX.

### **Sector gubernamental**

Dentro del sector gubernamental, se cuenta con laboratorios de alta complejidad como los que poseen INTI, CNEA y CONAE. En particular, INTI tiene las capacidades para desarrollar microsensores para la medición de variables bioambientales, encapsular, soldar y testear circuitos integrados. Cuenta además con una sala limpia para postprocesamiento de circuitos integrados.

CNEA-CAC está terminando su sala de fabricación de MEMS, y desarrolla biosensores y detectores basados en nanocomponentes. También dispone de equipamiento para irradiación de muestras de relevancia para simular las condiciones de radiación a las que se ven sometidos los circuitos en el espacio y en equipamiento médico de alta complejidad. CNEA-CAB tiene laboratorios para la manipulación de MEMS, nanoestructuras, nanopartículas, tubos, hilos y cintas, y para el estudio de sus propiedades magnéticas.

### **5.5.7. Actores clave**

Dentro de los socios locales se pueden nombrar los siguientes:

En la academia, se cuenta con los grupos de investigación de UNS y de UCC. Dentro del sector gubernamental, organismos como INTI, CNEA y CONAE son actores demandantes de tecnología para aplicaciones específicas. En la actualidad, estas aplicaciones incluyen, circuitos integrados calificados para vuelo, interfaces para sensores bioambientales, interfaces para telemetría inalámbrica en ganadería/agricultura, circuitos de ultra-baja temperatura, interfases para nanotubos de carbón y MEMS, interfases para sensores infrarrojos, etc.

En particular, INTI juega un rol fundamental en la articulación de un proyecto nacional de desarrollo de la industria de diseño de Microelectrónica.

El establecimiento de la Escuela Argentina de Microelectrónica, Tecnología y Aplicaciones (EAMTA: [www.eamta.com.ar](http://www.eamta.com.ar)), se ha constituido en un centro nuclear de encuentro de todos los actores científicos, de empresas (nacionales y extranjeros) y estudiantes, con dinámica propia y que juega un rol preponderante en la actualidad.

249

### **5.5.8. Socios locales e internacionales**

La sociedad local más importante se da en torno a UNS, UCC, INTI, CNEA y CONAE por la complementación entre la tecnología que estos actores son capaces de producir, y el diseño de microchips dedicados.

INVAP es un socio de importancia, por sus varios proyectos de alto vuelo tecnológico.

Clariphy Argentina S. A. y Allegro Microsistemas son dos compañías de diseño de circuitos integrados, en las áreas de Convertidores de datos de alta velocidad y Diseño analógico para electrónica de consumo, respectivamente. Estas dos empresas están en pleno proceso de crecimiento, y empleando de 2 a 3 personas por año, cada una. En la actualidad, este crecimiento se haya limitado por la disponibilidad de RRHH más que por ningún otro factor.

En el plano internacional, se cuenta con lazos consolidados con múltiples ins-

tuciones, con las cuales se han realizado/presentado propuestas de colaboración. Las instituciones son las siguientes:

1. Johns Hopkins University EEUU
2. University of California at San Diego, EEUU
3. Centro Microelectrónica de Sevilla, España
4. ETH, Suiza
5. Universidad de Sao Paulo, Brasil
6. Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil
7. INAOE, Mexico
8. Chonbuk, National University, Corea del Sur
9. National Chiao Tung University, Taiwan
10. Universidad de la República, Uruguay.

Resulta de particular importancia, la relación que se mantiene con centros nacionales de micro y nanoelectrónica. Dentro de ellos, se pueden destacar:

- Centro Nacional de Microelectrónica de Sevilla. Contacto: Dr. José Luis Huertas; Director.
- National System on Chip Program Office of Taiwan: Contacto: Dr. Chung-Yu Wu; Director.
- CEITEC (Brasil). Contacto: Dr. Sergio Bampi; Gerente Técnico.
- LETI (Grenoble). Contacto: Dr. Jean Bletry; Relaciones Institucionales.

250

### **5.5.9. Objetivos en el corto/mediano plazo**

Los objetivos en el corto y mediano plazo a conseguir para lograr un impacto en el sector productivo a través del desarrollo de Micro y Nanotecnología, son los siguientes:

- En primer lugar, lograr una masa crítica de cincuenta nuevos doctores en las universidades e instituciones de I+D del país. Esto es equivalente a multiplicar por cinco, aproximadamente, la cantidad de investigadores actualmente en la academia. Los nuevos doctores deberían formarse en diversas modalidades: a) en programas de posgrado en el país; b) idem a (a) pero con períodos intermedios en el exterior; c) en programas de posgrado en el exterior. Las temáticas de formación de estos RRHH son: Diseño analógico, diseño en radiofrecuencia (RF), diseño digital, diseño mixto, diseño tolerante a radiación, CAD-EDA y software de soporte, interfaces biológicas y biomédicas, interfaces a sensores, sensores, MEMS, NEMS, manejo de energía, Sistemas en chip (SoC), módulos híbridos, Sistemas en Encapsulado (SoP), Encapsulado, Testeo y verificación.
- En segundo lugar, lograr una masa crítica de magísters tecnológicos en condiciones de integrarse al sector productivo, en dos modalidades. La primera modalidad consiste en la formación de un volumen aproximado de 25 magísters por año (en 4 años) en el exterior en temáticas de alto

interés comercial, en el marco de un programa shock de activación del sector productivo tecnológico. La segunda modalidad apunta a generar una producción continua de magisters/especialistas en el país, a razón de cinco de ellos por cada investigador por año, en las universidades e instituciones de I+D. En todos los casos, el objetivo principal de estos magister/especialistas es volcarse al medio productivo, en las compañías de diseño existentes, en las compañías futuras, en emprendimientos propios, y en emprendimientos con empresas del rubro electrónico interesadas en incorporar tecnología de circuitos integrados.

- En tercer lugar, contar con un Instituto Nacional de Diseño, que coordine y articule esfuerzos, que asista y atienda las necesidades de las PYMES, promueva y difunda la incorporación de alta tecnología electrónica, negocie licencias y acuerdos con empresas e instituciones extranjeras. El instituto debería también coordinar estudios necesarios para una definición clara de las posibles unidades de negocio en torno a un nuevo sector como sería el de la industria argentina del semiconductor. Más aún, este Instituto debería delinear un plan integral de desarrollo del negocio del diseño micro y nanoelectrónico en el país, estableciendo pautas sobre el manejo de la propiedad intelectual, la seguridad jurídica y cuestiones aduaneras.
- En cuarto lugar, posicionar la imagen del país como polo de generación tecnológica, mediante un fuerte apoyo logístico del estado (Relaciones Exteriores) en la ejecución de un plan integral de comunicación. Para ello se deben utilizar eficientemente sus recursos físicos (Embajadas y Consulados) y humanos (agregados comerciales y culturales) de manera de lograr penetrar altos centros de decisión (Empresas y Universidades) y así seducir inversiones genuinas a largo plazo.
- En quinto lugar, y complementando el punto anterior, contar con una decena de compañías de diseño instaladas en el país, alrededor de los centros de investigación y desarrollo que cuentan con masa crítica. Es deseable lograr incorporar entre estas compañías la participación de empresas especializadas de renombre internacional. Estas empresas deberán ser tentadas con el énfasis puesto en la generación de recursos humanos (un bien escaso en el mundo) y empleo, con medidas que aceleren la radicación de las mismas. El efecto de tracción que esto generaría recompensaría la inversión requerida.

251

#### **5.5.10. Objetivos en el largo plazo (desarrollo de líneas y equipos de I+D, desarrollo empresario y comercial, desarrollo de recursos humanos)**

El objetivo principal de largo plazo es el desarrollo de un medio privado de alto perfil tecnológico, que genere trabajo con un impacto apreciable en la economía del país. Uno de los objetivos principales es la generación de pequeñas y medianas empresas que produzcan productos (núcleos de propiedad intelectual, sistemas en chip, sensores inteligentes, sistemas electrónicos complejos) para el

mercado externo e interno. Otro, es la instalación de empresas tecnológicas ya consolidadas en terreno nacional.

Otro objetivo es multiplicar los grupos de investigación y desarrollo, y los grupos tecnológicos a lo largo del país, de manera que el sector científico cuente con una masa crítica suficiente para apoyar y enriquecer a través de la innovación el desarrollo de la actividad privada. Se debería contar con más de diez centros de I+D y tecnológicos, con una masa crítica no menor a diez doctores en cada uno de ellos.

Se debería contar con una infraestructura de equipamiento de avanzada para el desarrollo de MEMS, nanoestructuras, comunicaciones de alta frecuencia (GHz) y sistemas mixtos bio-electrónicos, suficiente para liderar desarrollos tecnológicos en estas áreas. Además haría falta una línea de fabricación de circuitos integrados de baja escala (NO de avanzada) –mayormente para diseños analógicos– que sirva para ampliar la base de conocimiento en tecnologías de fabricación, proveer la electrónica de consumo nacional, la formación de tecnólogos, magísters y PhD's, y liderar la fabricación de prototipos del sistema educativo.

### **5.5.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos**

252

En un escenario muy optimista, el estado provee un apoyo inicial decisivo a la formación de RRHH con colaboración internacional y atrae un buen número (más de cinco) de empresas de diseño. En este escenario, resulta muy factible esperar que se logre un número de graduados de magíster que se vuelquen a la actividad privada, tanto en las empresas atraídas, como en emprendimientos propios exportando tecnología. Asimismo, las compañías nacionales de electrónica aceptan el salto tecnológico, y lo financian, produciendo una oferta de empleo, incorporando circuitos integrados, y elevando el valor agregado de sus productos. En este escenario, también es muy factible un desarrollo de la capacidad académica que logra una masa crítica en las universidades, suficiente como para abastecer el volumen requerido de magisters en el sector privado, y para enfrentar los desafíos tecnológicos futuros. Argentina aparece en el mapa internacional como un exportador de producción de tecnología, dinamiza y actualiza su industria nacional en tecnología.

En un escenario optimista, el estado provee un apoyo mediano, brindando un número satisfactorio de becas de magíster y doctorado, con algunas de ellas destinadas a la especialización en el exterior. Se atraen un par de empresas de diseño. En este escenario, se logra una masa crítica de tecnólogos/investigadores en las universidades. Se produce también un número adecuado de maestrías. Las empresas toman un buen número de los especialistas formados, lo cual mantiene un ritmo de crecimiento sostenido tanto al nivel de formación de RRHH como de empleo. La falta de formación en el exterior, hace que no se de inicialmente una cantidad nutrida de emprendimientos para la exportación de tecnología. Surgen emprendimientos locales en conjunción con empresas nacionales de electrónica, las cuales dinamizan la producción de tecnología y empleo. Argentina dinamiza y

actualiza su industria nacional de tecnología. Consigue las bases suficientes para encarar una fase siguiente y transformarse en exportador de la misma.

En un escenario pesimista, no hay un apoyo decisivo, se consigue un número reducido de becas, solamente doctorales. Las becas de maestrías son provistas en números bajos por las empresas existentes en el medio. No se logra atraer ninguna empresa. En este escenario, la formación de RRHH se torna lo suficientemente lenta como para no producir el efecto multiplicativo. Se producen algunas maestrías, las cuales obtienen trabajos fácilmente en las empresas financiadoras, no obstante, éstas no alcanzan a satisfacer sus necesidades de incorporación de personal. El crecimiento en la academia es lento, y no alcanza a potenciar el sector privado. No hay masa crítica para proveer la demanda de las industrias nacionales de electrónica, ni se genera en ellas un interés notable. No se exporta tecnología.

### 5.5.12. ¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área?

**Fortalezas:** Independencia tecnológica, aprovechamiento de recursos hasta ahora invertidos, capacidades distribuidas, nivel educativo de los estudiantes de ingeniería, costos competitivos.

**Oportunidades:** Ámbito industrial floreciente, etapa histórica en Sudamérica, RRHH en formación, centros académicos y de capacitación robustos, laboratorios tecnológicos estatales de alta complejidad, posible acompañamiento de microelectrónica con el crecimiento de IT en el país.

253

**Debilidades:** falta de comunicación y desconocimiento industria-academia, falta de masa crítica de RRHH, falta de un programa específico financiado por el estado, ausencia de un medio productivo que provea inversiones de riesgo y empleo.

**Amenazas:** falla en la asociatividad entre el sector de diseño y los sectores de producción de tecnología y software; ausencia de acompañamiento del estado con políticas de apoyo; falta de interés de ingenieros y fondos insuficientes para la producción de una masa crítica de RRHH.

### 5.5.13. Medidas concretas

Financiar un programa de formación de Maestrías y Doctores, con la flexibilidad adecuada para la concreción de los objetivos deseados, contemplando la formación en el exterior.

Completar la formación del Instituto de Diseño con una estructura geográfica distribuida. Garantizar el financiamiento para la obtención de licencias comerciales y servicios de fabricación.

Crear un programa especial que financie los puestos de los especialistas generados en empresas tecnológicas existentes y en nuevos emprendimientos.  
Fomentar la instalación de 3 empresas extranjeras con fuertes lazos a los proyectos de generación de recursos humanos y establecimiento de desarrollo tecnológico en Argentina.

**Personas involucradas en la confección de este documento**

Pedro Julián, UNS

Pablo Mandolesi, UNS

Alejandro Oliva, UNS

Javier Orozco, UNS

Osvaldo Agamennoni, UNS

Luis Toledo, UCC

Pablo Petrashin, UCC

Walter Lancioni, UCC

Manuel Greco, XOLSA

Alberto Anesini, INTI

Daniel Lupi, INTI

Maximiliano Fischer, CNEA

Gerardo Monreal, Allegro Microsistemas SA

## Capítulo 6

### Áreas transversales

#### 6.1. Educación y capital humano

“Technological capabilities have always been a fundamental component of economic growth and welfare.”  
Archibugi & Coco (2004:2)

En una economía cada vez más dominada por los servicios tecnológicos no es posible realizar una prospectiva en el área de Tecnologías de la Información y la Comunicación sin considerar la formación de capital humano como una de las áreas estratégicas. El capital humano es uno de los factores de producción claves en la economía del conocimiento en general y en la industria TIC en particular.

En el último quinquenio la evolución de la industria TIC en la Argentina ha experimentado un desajuste entre la oferta y la demanda de recursos humanos. En tanto la demanda continua creciendo persistentemente, la oferta no logra flexibilizar su crecimiento. Esta brecha entre oferta y demanda ocasiona serios cuellos de botella en el mercado de trabajo. Por lo tanto se propuso para este Libro Blanco incluir una Prospectiva sobre el capital humano TIC para la Argentina con un horizonte puesto en el 2020.

En las ciencias sociales el rol de las personas que intervienen en el proceso productivo tuvo diferentes denominaciones. En las primeras teorías económicas se identificó simplemente como el factor trabajo, un recurso reemplazable vs. el capital o la tierra. Luego durante el desarrollo de las ciencias de la administración el movimiento de las Relaciones Humanas se refirió a este rol como el de los Recursos Humanos, uno de los recursos que el manager dispone para organizar la empresa. Más recientemente se utilizó el concepto de Capital Humano, una definición más avanzada que las clásicas, que se refiere al conjunto de competencias productivas y de conocimiento técnico que poseen los trabajadores.

El Capital Humano es, en este caso, similar a los medios de producción, a las fábricas y máquinas. Ya no se trata de un recurso subordinado al ritmo de la máquina como fue en el taylorismo y el fordismo. Se puede invertir en capital humano, por medio de la educación, la capacitación u otros beneficios que mejoran la calidad de vida como la salud o el entretenimiento, y esta inversión luego permite una mejora en las capacidades y las competencias productivas; y el conocimiento que los trabajadores disponen para desempeñar sus trabajos. (Becker, 1993)

Para una empresa o un país, entonces, es necesario invertir en capital humano, ya que el crecimiento dependerá, entre otros factores, del capital humano que la empresa o el país dispone. Dado que el capital humano no es transferible como

la tierra, el trabajo o el capital, si no se invierte en él es difícil que el mercado lo provea de forma automática.

La formación de capital humano en TIC no sólo comprende a los empleados o a los empleables en la industria TIC. Dado que las TIC son tecnologías que ofician de fuente transversal de productividad a la mayoría de las actividades sociales, tanto las que perciben el interés económico como aquellas de interés público, virtualmente la población afectada puede alcanzar su totalidad. (Hilbert, Bustos, Ferraz; 2005)

De las cinco dimensiones de la formación del capital humano TIC: 1. La capacitación para el trabajo en la industria TIC; 2. La capacitación para el trabajo en general; 3. La formación básica en TIC para la ciudadanía y el trabajo; 4. La formación de investigadores; y 5. La formación y promoción de emprendedores e innovadores.

En este trabajo, si bien nos referiremos a las cinco, por una cuestión de orden y expertise nos focalizaremos en los puntos 1, 2 y 3. Por lo tanto esta prospectiva se ocupará de los diferentes problemas a que se enfrenta la formación básica de capital humano y la formación para el trabajo; y se recomienda dirigirse, a las recomendaciones de formación de investigadores para el punto cuarto y al documento de innovación para el punto cinco.

256 La tarea de formar capital humano TIC no está siendo tomada en la agenda pública con la dimensión y el peso que se merece. La necesidad que el Estado invierta en la formación de Capital Humano en esta área para lograr aprovechar esta oportunidad única de reinserción productiva de la Argentina en el mercado mundial tiene el peso equivalente al esfuerzo que hizo el país para su industrialización desde los años 1940, cuando realizó planes nacionales para desarrollar la industria del acero, la petroquímica, la automotriz, la aeronáutica, la atómica. Quizás la diferencia actual es que no se debe invertir en maquinaria ni bienes de capital ya que en cierta medida estos son commodities, sino en la formación de nuestra gente. Es un esfuerzo de una magnitud tal que debería ser encarado en forma conjunta por actores públicos y privados, y de una complejidad tal que al Ministerio de Educación deberían sumarse Trabajo, Economía, Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva.

### **6.1.1. Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo es proveer al LIBRO BLANCO DE PROSPECTIVA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN una prospectiva sobre el capital humano TIC que identifique los principales problemas a ser atacados por los esfuerzos público-privados:

- Analizar la evolución del mercado de trabajo del capital humano TIC, para prever el desarrollo y la actualización de la educación secundaria y terciaria informática, la mejora de la formación universitaria bajando

los índices de deserción; y la transformación de la educación secundaria y terciaria.

- Analizar la evolución de la formación básica TIC, a fin de proponer alternativas para la reducción de la brecha digital e identificar las capacidades necesarias que debe cubrir la educación básica para formar a un ciudadano en el 2020.
- Proponer alternativas de acción que desde la función de Investigación, Desarrollo e Innovación Productiva se pueden encarar para atacar los problemas propios de la formación de capital humano TIC, que se coordinen junto con otros actores sociales relevantes.
- En relación a la formación de investigadores e innovadores, la consolidación de un sistema nacional de innovación plenamente integrado a la comunidad académica internacional y a las necesidades locales de la industria.

#### *a) Antecedentes*

En cuanto al análisis de los trabajos e informes nacionales e internacionales confeccionados recientemente sobre el tema podemos destacar que gran parte de los documentos son el producto del movimiento que desde diferentes sectores públicos y privados se viene desarrollando desde 2002 para apoyar el desarrollo de la industria del Software. Este trabajo tomó como insumos varios productos de este esfuerzo, entre otros.

- El informe del Foro de Competitividad de Software y Servicios Informáticos del Ministerio de Economía de 2004.
- La Guía de Perfiles / Formación / Competencias correspondientes a Puestos de Informática desarrollado por el Instituto Nacional de la Educación Técnica del Ministerio de Educación, de 2004.
- SECYT (2006) Prospectiva de la Educación Superior Argentina 2020 - Plan Estratégico Nacional de CTI "Bicentenario" (2006-2010), Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.
- El reciente plan de la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos (Cessi), de 2008.
- Los informes del Foro de Prospectiva TIC del Proyecto 2020 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, de 2008.
- El informe sobre la Situación y Perspectivas del Capital Humano TIC en Argentina desarrollado por Prince & Cook para CICOMRA, Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina, en 2008.

## *b) Guía de lectura*

La exposición de los resultados del presente informe está dividida en tres secciones. A la presente sección introductoria se sigue la segunda en donde se describe la estructura del mercado de trabajo del sector de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Luego se describen las características de la demanda y de la oferta de capital humano y finalmente se presentan alternativas de escenarios prospectivos para este ítem.

En la tercera sección se ocupa de la formación básica. En ella se realiza una descripción de la situación actual y se plantea la posible evolución prospectiva. Finalmente el documento concluye con una propuesta para la generación de Capital Humano.

### **6.1.2. Mercado de trabajo y TIC**

Los problemas vinculados a la demanda de personal técnico especializado en programación y redes es una preocupación generalizada para empresas grandes y pequeñas y se ubican en un nivel estratégico en la gran mayoría de ellas, de la mano con los problemas como la falta de financiamiento o la disminución de la rentabilidad.

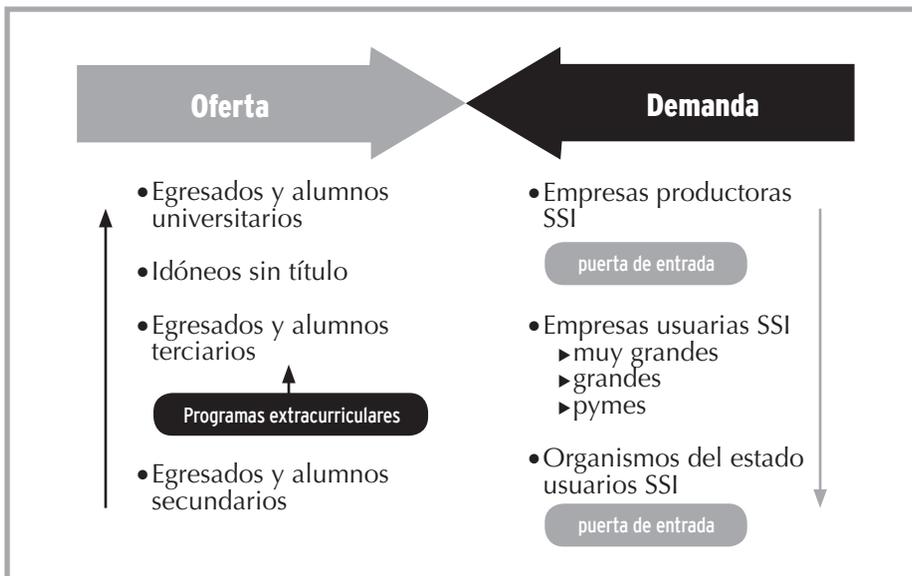
258 La presión que el mercado laboral ejerce sobre ellas sin embargo, es sustancialmente mayor cuando disminuye el poder de captación de RRHH de cada empresa. Podríamos identificar al poder de captación de RRHH como aquella capacidad de la empresa de atraer y retener recursos humanos mediante paquetes de salarios y beneficios altos, condiciones laborales atractivas como horarios flexibles, buena ergonomía, y aménities en general; y fundamentalmente la promesa de una experiencia laboral que sea clave y de referencia para su carrera sirviendo como capital simbólico. Dentro de esta competencia son las empresas grandes, multinacionales y en especial las del sector core de la industria TIC las que llevan la delantera.

De manera que la dinámica del mercado de trabajo de la industria TIC describe por un lado la demanda que actúa con mayor crudeza en la base de la pirámide de los empleadores. La base de la pirámide estaría poblada por aquellas organizaciones con menor poder de captación de RRHH, que en principio podemos hipotetizar que son las pymes nacionales y los organismos del estado. Esto describe una primera puerta de entrada de perfiles con competencias genéricas o estándares. (ver Figura 1)

La segunda puerta se podría ubicar en aquellas organizaciones del core de la industria que tienen exigencias y que no pueden resolver sólo con el reclutamiento ya que el mercado simplemente no les provee los talentos requeridos. En este sentido estas empresas no tienen inconveniente en tomar recursos sin formación, pero que permiten proyectar su evolución satisfactoria, mediante el entrenamiento en el puesto de trabajo.

El conocimiento de la estructura y evolución del mercado de trabajo de la industria TIC permitirán en este estudio dimensionar la prospectiva del mercado de trabajo contrastando oferta y demanda de recursos humanos, y en particular, en el estudio de la oferta identificar los puntos débiles de la estructura donde los requisitos de ingreso tienden a relajarse, describiendo puertas de entrada y oportunidades para la promoción del empleo de sectores populares mediante programas específicos. (ver Figura 1)

**FIGURA 1. DINÁMICA DEL MERCADO DE TRABAJO TIC**



Circulación del capital humano TIC en el mercado de trabajo TIC.

Fuente: Elaboración propia

A continuación analizaremos los componentes del mercado de trabajo TIC, su interrelación y la descripción de lo que denominamos las puertas de entrada al mercado de trabajo.

*a) Demanda de capital humano: El sector TIC*

La industria del software y servicios informáticos en la Argentina ha experimentado un significativo crecimiento en los últimos 40 años. Dicha evolución, según lo planteado en el Plan Estratégico de TIC 2004-2014, expedido por el Foro Nacional de Competitividad de la Industria de Software y Servicios Informáticos (FNCISSI), se ha dado de forma esencialmente espontánea luego de la crisis del 2001 considerando el ambiente macroeconómico e institucional que atravesó el país en la última década del siglo XX, que ha distado de ser el más favorable para el avance de un sector basado en la innovación y el conocimiento.

Según el estudio sobre Capital Humano TICC en Argentina, realizado por Prince & Cooke en Octubre de 2007 para la Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina (CICOMRA), el sector de las Tecnologías de Información, Comunicaciones y Call Centers (sector TICC) representó 4,5% del PBI nacional (654.000 millones de pesos) en 2006, es decir, 29.620 millones de pesos. De dicho total, 64% le corresponde a Telecomunicaciones y Hardware de Telecomunicaciones, 16,3% a las Empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI), 15,7% al Hardware TI y 3,4% al sector de los Call Centers (sin incluir lo correspondiente a exportación). Este último sector a los fines de este trabajo será restado por lo cual nos referiremos en lo sucesivo al sector TIC o a su subsector de mayor volumen el SSI (Software y Servicios Informáticos).

En los últimos dos años, el mercado local del SSI fue de 4.840 millones de pesos en 2006 y de 5.730 millones de pesos en 2007. De las 7.960 empresas que componen el sector TIC, 1.110 corresponden a SSI (13,8%). Dejando de lado los canales, a fin de evitar distorsiones en los resultados, el sector SSI en su totalidad cuenta con 37.500 empleados abocados a trabajos relacionados con TIC, con una facturación por empleado anual de 129.067 (la masa salarial representa un 55% del total de la facturación) y un salario promedio es de aproximadamente 5.461 pesos (CICOMRA, 2007:48-52).

260

De acuerdo a la Encuesta Estructural a PyMEs de servicios a la producción del Observatorio PyME, el 18% de las empresas mencionan como su principal problema la dificultad de captar recursos humanos. Esta preocupación por la dificultad de captar personal especializado se ve agravada por la volatilidad y la rotación del personal en el sector, que en algunas empresas alcanza al rango de 30 a 35%. Entre las causas que los entrevistados mencionan encontramos a la suba significativa de salarios y la llegada de empresas extranjeras al mercado local con cuyos salarios las empresas locales no pueden competir. (Observatorio PyME, 2007)

En cuanto al perfil del personal, en los últimos años se experimentó un fuerte cambio en áreas técnicas que va desde especialistas hasta técnicos abocados a actividades intensivas de trabajo y conocimiento. Debido a que las demandas en términos de habilidades sobre tecnologías, como por ejemplo las de programación, para cubrir puestos de trabajo varían significativamente en poco tiempo, más adelante analizaremos cuál es la demanda específica que tienen hoy por hoy las empresas de tecnología informática (IT).

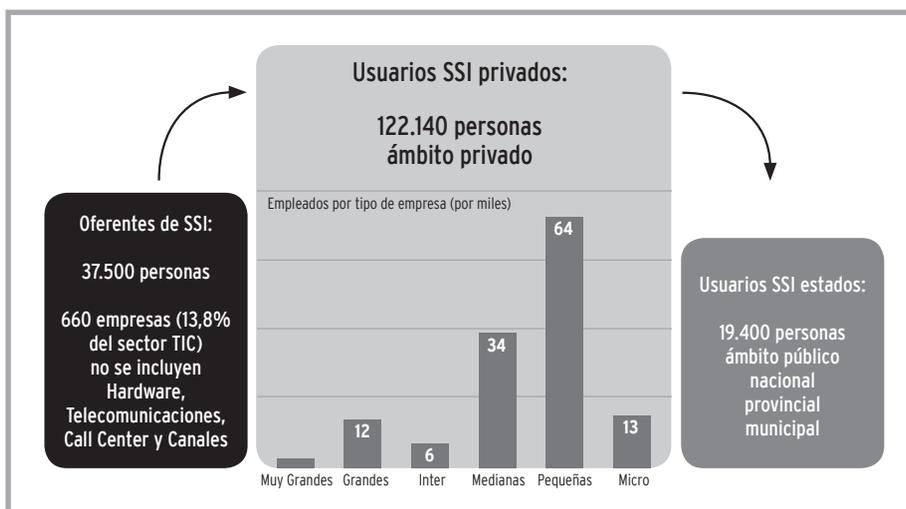
### **La Estructura del capital humano TIC**

Dentro del sector TIC, que nuclea a empresas dedicadas a actividades tan diversas como desarrollo, producción, comercialización e implementación de software y todas las variantes de servicios relacionados (consultorías, capacitación, instalación y mantenimiento de productos, entre otras), se puede diferenciar varios tipos de empresas y organismos que presentan distintas dinámicas respecto a su oferta y demanda (sistemas de selección, reclutamiento, contratación y training) de personal con conocimientos en TIC. Tres son los componentes principa-

les del capital humano de TIC: 1) las empresas oferentes de TIC, 2) las empresas usuarias, y finalmente 3) el estado en sus diferentes niveles.

Se prevé un gran crecimiento en las empresas oferentes de TIC, quizá sea el componente más apremiado debido al crecimiento de las exportaciones. Sólo como ilustración, de 37.500 en 2006 pasó a 46.125 en 2007 y se vislumbra que llegará a 55.811 en 2008 y 65.857 en 2009. Como esta cuestión es central para nuestro estudio, la trataremos en detalle más adelante.

**FIGURA 2. DINÁMICA DEL MERCADO DE TRABAJO TIC 2006**



Circulación del capital humano TIC en el mercado de trabajo TIC. Of. 31,  
Fuente: Elaboración propia en base a Cicomra 2007

En Argentina se registran 6 polos, 7 parques y 11 incubadoras de negocios de tecnología activos a principios de 2007. Estos centros productivos ofrecen moderna infraestructura, apoyo financiero y capacitación para aquellas nuevas empresas que requieren formar y actualizar a sus recursos humanos.

Tanto en lo privado como público, el sector de TIC siempre estuvo fuertemente concentrado en la Ciudad de Buenos Aires y el primer cordón del conurbano. Sin embargo, en los últimos años surgieron significativas concentraciones de empresas en Rosario, Córdoba y Mendoza.

Los indicadores más utilizados para diferenciar las empresas usuarias son el monto de facturación, el rango de empleados, cantidad de empleados y, en este caso puntual, la cantidad promedio de empleados destinados a tareas relacionadas con las TIC. En la siguiente figura se pueden apreciar diferencias cuantitativas en orden al capital humano en distintos tipos de empresas usuarias de TIC.

**TABLA 1: CAPITAL HUMANO EMPRESAS USUARIAS IT 2006**

Tamaño de empresas	Rango de Facturación (en millones de pesos)	Rango Empleados	# empresas	# promedio empleados	# promedio empleados TIC
Muy grandes	+ de 1000	De 5000 a 18000	22	8.000	100
Grandes	de 50 a 1000	De 500 a 5000	500	1.300	25
Mediano/grandes	De 15 a 50	De 200 a 500	2.000	300	6
Medianas	De 5 a 15	De 50 a 200	17.000	75	2
Pequeñas	De 0,25 a 5	De 4 a 50	128.000	19	0,5
Microempresas	Menos 0,25	Menos de 4	520.000	2,7	-
<b>Total</b>			<b>667.522</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CICOMRA

## Dinámica de la Demanda de Capital Humano

262

La industria de software crece a un ritmo del 30 % anual. Desde la recuperación económica posterior a la crisis del 2001 tres han sido los factores de crecimiento sostenido de la industria a tasas robustas. Uno fue el alto crecimiento del PBI que permitió a las empresas usuarias redoblar los planes de inversión en IT. La otra fuente de crecimiento fueron las exportaciones que ponen una presión extra en la provisión de RRHH en las empresas proveedoras. Finalmente el estado está constituyéndose en un nuevo e importante driver del crecimiento.

El mercado de las tecnologías de la información ha crecido a paso firme y se encuentra próximo de recuperar el nivel que tenía antes de la crisis del 2001/2002. Durante 2006 la facturación en computadoras, software y servicios informáticos superó los U\$S 3.000 millones, una suma que se acerca a los U\$S 3.690 millones registrados en 2001, el último año de la convertibilidad. (CICOMRA, 2007; pág. 73).

Uno de los principales atractivos del mercado argentino y que explica su crecimiento sostenible es que, a un costo competitivo, se puede encontrar empresas con personal capacitado para generar soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la región y atender nichos tecnológicos relevantes. Según la SECyT, se producirá una fuerte expansión de la industria del software impulsada por especializaciones sectoriales, aumento de la productividad, I+D orientada por “mercados verticales” y expansión del modelo open source. (SECyT, 2006: 9)

En los últimos años, las exportaciones de TIC han tenido un incremento significativo poniéndose a la par de la performance exportadora de las de sectores tradicionales de la industria argentina. Según cálculos de CESSi las exportaciones ascenderían a 340 millones en 2008. Aunque el mercado de software es difícil de cuantificar debido, en parte, a la creciente diversificación de los canales de distribución, la industria de software y servicios informáticos cuenta con muchas posibilidades para posicionar a la Argentina como un actor relevante en el mer-

cado mundial. El aporte del sector al PBI resulta aproximadamente equivalente o superior a los de ramas tradicionales como calzado, hilados y tejidos, electrodomésticos o electrónica de consumo.

Según IDC se producirá durante 2008 una fuerte expansión del sector de outsourcing. En sus tendencias 2008, “verá un aumento de la oferta de exportación de servicios de IT y Business Process Outsourcing (BPO) debido a la mayor presencia de proveedores de servicios en Argentina.” (IDC, 2008) Un ejemplo de esta tendencia es la empresa india Cellent, dedicada a desarrollo de tecnología móvil, anunció su inversión de 2 millones de dólares para la apertura de oficinas en Argentina y Uruguay que estarán a cargo de investigación, desarrollo e implementación de tecnologías. (Broitman, 2008)

Debido a las ventajas obvias del idioma y la cercanía a la cultura y las costumbres, la mayoría de las empresas de TIC dirige su esfuerzo exportador a países de América Latina y, en menor medida, a España. Igualmente lo hacen hacia EE.UU. y países angloparlantes, instalando oficinas propias o enviando representantes permanentes. En definitiva el hub rioplatense de producción de software compuesto por Buenos Aires, Montevideo y sus satélites como Tandil, La Plata, Rosario y Córdoba ya es visible para los players mundiales de la industria.

Un importante impulso a la actividad de TIC ha sido el marco legal que establece que la actividad de producción de software debe considerarse como una actividad productiva de transformación asimilable a una actividad industrial, a los efectos de la percepción de beneficios impositivos, crediticios y de cualquier otro tipo. Se estableció un marco de beneficios para aquellas empresas en las cuales “más del 50% de sus actividades están integradas en el sector de software o de servicios informáticos. Los beneficios incluidos comprenden fundamentalmente la estabilidad fiscal sobre todos los tributos nacionales por el término de 10 años y beneficios impositivos”. (CESSI, 2008)

La demanda de personal en este sector dependerá de las empresas que en cada zona operen y/o se radiquen, y de la red de clientes y proveedores que en función a ellas se forme. Uno de los elementos que influyen al momento de la elección que hace una empresa de determinadas zonas geográficas para operar, es el marco regulatorio y esquemas de incentivos a los que se pueda acceder.

**TABLA 2: CAPITAL HUMANO ORGANIZACIONES USUARIAS DEL ESTADO 2006**

Nivel del estado	# empleados TIC
Nacional, incluyendo entes aut., FFAA y FFSS	6.200
Provincial	8.400
Municipal	4.800
<b>Total</b>	<b>19.400</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CICOMRA

Además, según Feynman al maximizar la generación de empleo y elevar la generación de valor por empleado se logrará potenciar la capacidad de la industria del software y servicios informáticos para ayudar a la distribución de riqueza y a la construcción de un proyecto de país más inclusivo y justo. (Feynman:3),

También la modernización del estado incorpora a un nuevo grupo de players en el consumo de TIC, los estados nacionales, provinciales y municipales. Ya se cuentan con casos de éxito del uso de las TIC en la gestión del estado como la AFIP y el ANSES que muestran un camino de demostración para el resto de la administración. (Artopoulos. A y Molinari, A., 2007)

En resumen, el ritmo de crecimiento se aceleró y está llegando a su momentum. Los pronósticos señalan que este momentum continuará. Un dato revelador es el presentado por el informe de Digital Plannet en conjunto con IDC: la industria argentina de software y servicios habrá crecido 230% entre el 2001 y el 2009, con un crecimiento de 1.364 millones de dólares, y una proyección de 3.700 millones de dólares para el 2010.

El estudio afirma que los ingresos en el sector informática, durante 2005, ascendieron a 2.286 millones de dólares en el país, y en la región, a 31.400 millones. El crecimiento estipulado para 2009 es de un 38%. Además, a nivel regional, el país encabeza el ranking: tomando como base los gastos en software y servicios informáticos del 2005 hacia el 2009, Argentina crecerá 62%; México, 56%; Chile, 43%, y Brasil, 27%. En definitiva la Argentina está duplicando las proyecciones de crecimiento respecto del promedio de América Latina.

264

### **Alta rotación y “robos” de RRHH**

La expansión de la industria TIC está describiendo diversas áreas del mercado de trabajo donde se está recalentado la brecha entre oferta y demanda. La demanda de capital humano está siguiendo patrones de crecimiento que no pueden ser seguidos en todos los casos por el sistema de educación formal.

No hay opiniones homogéneas acerca de cual es la causa de la dilatación de las brechas. Si bien para la SeCyT (2006: 2) *“en Argentina el problema no reside en el déficit de recursos humanos sino en su aprovechamiento”*, opinión que representa también a profesores y directivos de universidades, para la mayoría de los entrevistados de los representantes de las cámaras empresarias, gerentes de las empresas e instituciones, analistas del mercado y periodistas indican que para satisfacer la constante y creciente demanda de personal debería hacerse una profunda reforma del sistema educativo. Según la información obtenida, los mayores inconvenientes no solo son captar a los recursos humanos, quizás lo más difícil sería conservar recursos humanos con capacidades afines a sus necesidades.

*“No hay gente. El pibe que esta en primer año de la facultad ya esta trabajando. Necesito muchos técnicos, algunos terciarios universitarios y*

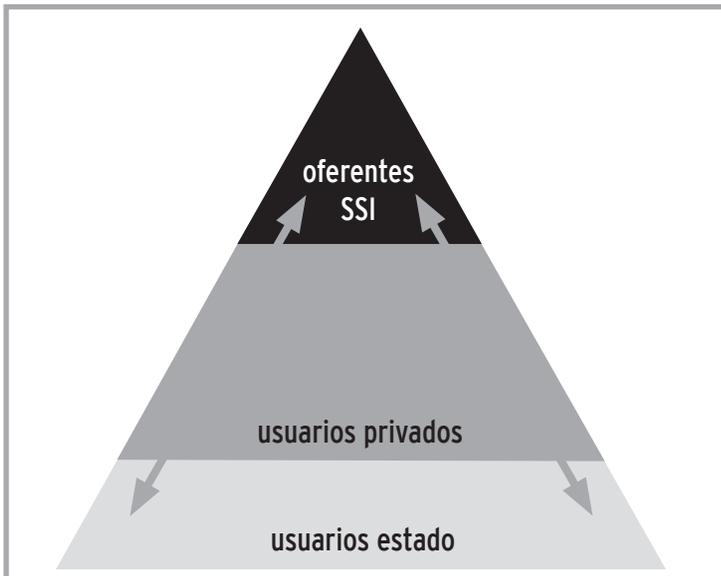
*sólo algunos ingenieros. Por ejemplo, para reemplazar a la recepcionista, llegaban 20 CV por día; para desarrolladores, 10 en un mes.*  
Director de una compañía nacional

*“La demanda de gente es enorme. Nosotros empezamos hace 3 años con 79 personas. Terminamos el 2005 con 500. El 2006 con 1300 y el 2007 con un poquito más de 2000.”*  
Gerente de multinacional

Esta dinámica describe una dinámica de mercado canibalizado en donde las empresas grandes “roban” los recursos de las empresas medianas y pequeñas y éstas se “roban” los recursos del estado. Debido al poco caudal de graduados o formación de idóneos, los tres grupos compiten por captar personal técnico en el área de sistemas y la competencia se intensifica a la hora de retenerlos y competir con el salario.

Según un informe que realizó Itcon a partir de 3.480 encuestas y 300 entrevistas en profundidad con profesionales de IT, el 86% de profesionales planea un cambio laboral y el 85% desea un sueldo más alto. Entre los últimos, el 15% aspira a un sueldo que duplica el actual. Los más disconformes son justamente los programadores y el personal de soporte que se ubican en la base de la pirámide salarial y de competencias. (Pernas, 2008)

**FIGURA 3. PIRÁMIDE DE LA DEMANDA DE RRHH TIC: EL PODER DE CAPTACIÓN**



Circulación del capital humano TIC en el mercado de trabajo en la demanda de TIC.

Fuente: Elaboración propia en base a Cicomra 2007

Entre las empresas que ofrecen productos y servicios TIC, el informe de CI-COMRA (2007: 69) señala que el 81% vislumbra un incremento de su personal y ha sufrido una variación promedio del 25% entre 2006 y 2007. De las empresas usuarias de tecnología, solo un 40% de ellas espera tener un incremento de personal con una variación de ha sido del 20% entre 2006 y 2007; mientras que un 50% vislumbra mantener el mismo personal.

Considerando las tres fuerzas que movilizan la expansión del demanda de capital humano TIC, la apertura del mercado a la provisión de servicios globales de outsourcing, el crecimiento sostenido de las inversiones en las gerencias de IT de la mano del PBI y la modernización del estado, podemos describir varios subsegmentos dentro de los tres tipos de segmentos de mercados.

Cada uno de ellos describe demandas de capital humano de características distintivas, y requieren de provisión de recursos diferenciados unos de otros. Si bien no se disponen de números precisos de oferta y demanda para cada uno de estos segmentos podemos sí formular hipótesis sobre cuál de estos segmentos estará más presionado por la brecha entre la oferta y la demanda y cuáles serán las líneas de fuerza entre los segmentos, ya que como fue mencionado arriba los robos de RRHH entre empresas es habitual dada la situación del mercado de trabajo.

### ***Segmento oferentes: Exportación, Outsourcing y Desarrollo Regional.***

266 Las empresas que ofertan servicios de desarrollo de software y servicios informáticos son las más internacionalizadas de la industria: desde outsourcing de servicios técnicos y desarrollo, tanto nacionales exportadoras o internacionalizadas, hasta las multinacionales, conforman el ápice de la pirámide de oferentes que demanda gente formada y excelentes niveles de inglés. Veamos cada una de los subsegmentos:

- Empresas multinacionales de servicios: Un pequeño grupo de grandes firmas transnacionales, que generalmente tienen como actividad principal la comercialización de software de origen extranjero y la prestación de servicios informáticos, son las que más personal absorben por su tamaño y estructura. Por ejemplo, IBM lanza búsquedas de 150 personas para cubrir puestos técnicos en menos de 3 meses. Este tipo de empresas sólo puede estar interesada en emplear chicos de clases populares por sus programas de responsabilidad social empresaria. Sin embargo, la limitación no estaría relacionada a un prejuicio de clase ni a la alta calificación requerida para los puestos a cubrir, sino a la necesidad de que el personal maneje un alto nivel de inglés.
- Empresas de desarrollo globalizadas: Entre ellas encontramos empresas nacionales o internacionales. Un sub-segmento de demandantes de recursos informáticos, que han resultado de un alto impacto en la sobredemanda, y que son los centros de autodesarrollo corporativo (Motorola, INTEL, Verizon, Peugeot, Citigroup, etc.) y además centros de

costos y como su competencia es intracorporación han podido pagar remuneraciones muy competitivas ya que su referencia de precios no es el mercado (local o internacional) sino los costos de casa matriz u otro centro de desarrollo similar. Las empresas desarrolladoras de software dedicadas a la prestación de servicios o a la fabricación de productos absorben casi la mitad del empleo pero necesitan recursos muy calificados: *“Las empresas que toman 500 a 600 tipos son SABRE, Versión y Globant”*. Si bien se parece mucho a las multinacionales podríamos hipotetizar que son más exigentes que el segmento anterior porque requieren de personas con alta autonomía e iniciativa personal. El idioma inglés, la disponibilidad de viajar al exterior y pasar períodos prolongados figuran como requisitos básicos.

- Empresas nacionales y regionales de IT: Los dos segmentos anteriores son muy competitivos a la hora de atraer a jóvenes programadores que inician sus carreras, ya se trata de empresas “escuela” como IBM y además si los postulantes ofrecen buenos niveles de idiomas pueden mejorar las ofertas promedio del mercado. Todo esto canibaliza el mercado ya que ofrecen los mayores salarios y generan una alta rotación en las empresas de niveles de internacionalización medio como las empresas nacionales y regionales de desarrollo. Estas empresas son las más permeables en cuanto a requisitos para los jóvenes menos capacitados.

### ***Segmento usuarios privados***

267

- Multinacionales y grandes empresas: Las típicas de este grupo son las alimenticias o bancos multinacionales. Compiten para captar personal en sus departamentos de sistemas y redes y en general ganan. Aunque tienen capital y pueden ofrecer buenos sueldos, no compiten por los jóvenes con una propuesta atractiva de desarrollo profesional en las empresas porque su potencial está en otro rubro. Son la “zona de confort” para los RRHH IT. Su necesidad es sólo operativa y requieren de cuadros medios que desarrollan proyectos. En general poseen grandes gerencias de sistemas con más de 50 personas.

Disponen de un gran poder de captación ya que son la “zona de confort” del mercado de trabajo y pueden ofrecer salarios muy competitivos. Por lo tanto son inclusive una amenaza para las empresas desarrolladoras globalizadas, porque captan RRHH ya seteados para ambientes globales y formados en estas empresas escuela, dice una capacitadora de IBM:

- PyMEs: Las pymes reclutan al que pueden. Su reclutamiento depende de la conveniencia de tiempos y espacio del puesto de trabajo. Es decir un puesto relativamente tranquilo a pesar de su baja remuneración o bien lo que define el reclutamiento es la cercanía del hogar. La dimensión de este segmento es enorme y si bien su crecimiento supone ratios por encima del promedio de las empresas usuarias representan por su

volumen una gran oportunidad para perfiles de soporte, mantenimiento y administración de redes y aplicaciones.

### **Segmento estado**

Las instituciones de esta categoría necesitan personal pero no pueden competir a nivel salarial con las anteriores del sector privado. Al igual que las PyMEs el reclutamiento depende de la conveniencia de tiempos y sueldo. Es decir un puesto relativamente tranquilo que permite estudiar se mantiene hasta que se finalizan los estudios luego se pasa al sector privado. Hay áreas del estado nacional o de los estados provinciales que se encuentran altamente profesionalizadas como la AFIP y el ANSES. Por lo general, realizan convenios con universidades (por ejemplo, ANSES con la UTN y la Universidad de San Juan) para liderar proyectos puntuales o captar buen número de pasantes. Otra característica favorable es que no cuentan con requisitos de idioma ni que sus empleados sigan estudiando en cursos formales terciarios o universitarios.

### **Perfiles y competencias requeridas**

268

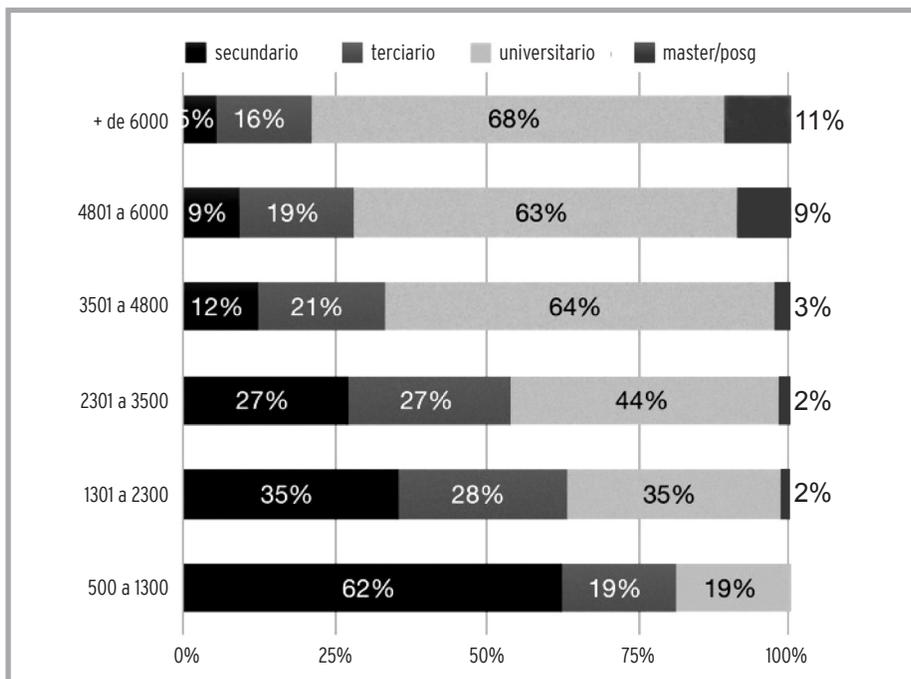
Los perfiles requeridos pueden ser puros o híbridos. Con los perfiles puros nos referimos a aquellos perfiles compuestos por competencias que se ocupan de la problemática informática con exclusividad. Cuando nos referimos a perfiles mixtos, tal como fue tratado en la sección de empresas usuarias, indicamos aquellos perfiles que combinan competencias informáticas con competencias asociadas de otras disciplinas como por ejemplo el diseño visual para los diseñadores web.

Si bien los perfiles de nivel universitario o terciario tales como Analistas y Licenciados en Sistemas; Analistas en Computación; Analistas en Redes; Programadores; Analistas en Tecnología Informática; Licenciados en Computación; Licenciados en Informática; Licenciados en Tecnología; Licenciados en Redes; Ingenieros en Sistemas; Ingenieros en Computación; Ingenieros en Informática; Técnicos en Informática; Técnicos en Programación; Técnicos Informáticos son reconocidos y buscados, la escasez lleva a las empresas a poner la vista en perfiles de menor cuantía como los de Educación Técnica Media o Educación Media en general. (Ver Figura 4). En este caso existen sólo dos perfiles disponibles, Técnico en Computación y Técnico en Informática Profesional y Personal, ambos insuficientes para la demanda del mercado. (FNCISSI, 2004).

De acuerdo a la información recabada en el análisis de documentos, no obstante los perfiles puros de programación son los más requeridos, como por ejemplo técnico en desarrollo de software y programadores, los perfiles híbridos como los diseñadores web o los perfiles básicos como los soportistas de redes y aplicaciones aparecen en los primeros lugares también.

Las búsquedas generalmente están orientadas a todos aquellos estudiantes y egresados terciarios e idóneos con conocimientos sobre soporte y mantenimiento de hardware, con manejo de lenguajes SAP, JAVA, .NET, COBOL, y otros

**FIGURA 4. NIVEL EDUCATIVO EN LAS DISTINTAS FRANJAS SALARIALES**



Fuente: Encuesta de remuneraciones ITCON. 3480 casos 300 entrevistas profundidad

perfiles híbridos como diseñador web o documentador o capacitador. Los egresados de carreras universitarias son muy valorados y altamente cotizados en el mercado pero no figuran entre los perfiles más críticos actualmente porque suponen salarios muy altos. (Ver la sección especial de tecnología y sistemas del sitio Bumeran de RRHH<sup>51</sup>)

Según el informe de CICOMRA, en el período 2007-2009 el conjunto de empresas –tanto aquellas que ofrecen como las usuarias de TIC– demandarán 34 mil perfiles críticos. En EE.UU, éstos son los perfiles con más y menos puestos de trabajo en la actualidad (CICOMRA, 2007; pag. 55):

- 514.460: computer support specialists
- 472.520: computer software engineers, applications
- 446.460: computer system analysts
- 1.210: mathematical technicians
- 2.840: mathematicians

En la Argentina se forman estos perfiles: Analistas y Licenciados en Sistemas; Analistas en Computación; Analistas en Redes; Programadores; Analistas en Tec-

51 [http://www.bumeran.com.ar/trabajos\\_en\\_argentina\\_tecnologia-y-sistemas.html](http://www.bumeran.com.ar/trabajos_en_argentina_tecnologia-y-sistemas.html)

nología Informática; Licenciados en Computación; Licenciados en Informática; Licenciados en Tecnología; Licenciados en Redes; Ingenieros en Sistemas; Ingenieros en Computación; Ingenieros en Informática; Técnicos en Informática; Técnicos en Programación; Técnicos Informáticos; Profesorados y Tecnicaturas; y otras ingenierías específicas, seguridad informática, etc. (CICOMRA, 2007: 61)

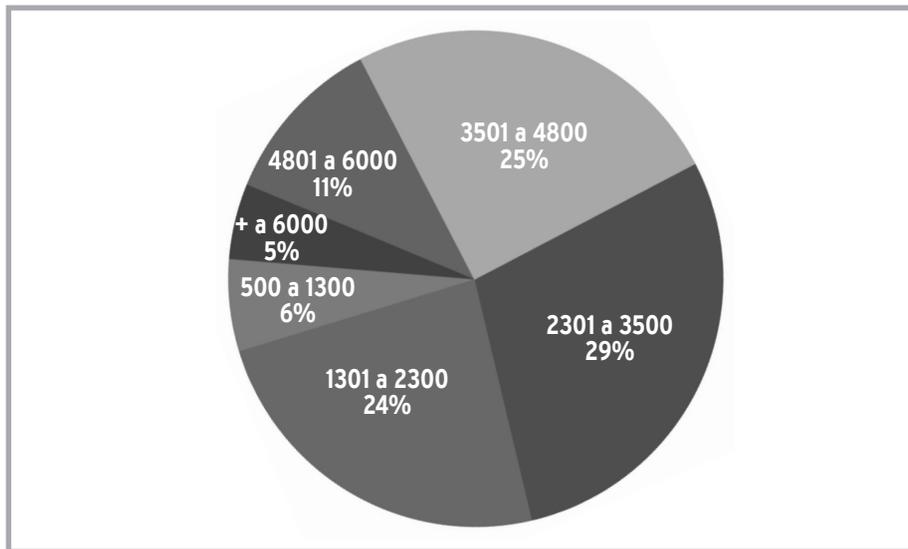
**TABLA 4: PERFIL ACTUAL DEL CAPITAL HUMANO EN TIC**

Perfil	%
Universitarios recibidos	55%
Terciarios técnicos	26%
No profesionales	19%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CICOMRA, 2007:93

Se estima que en los próximos años, la demanda de Capital Humano excederá a la oferta en 21.000 personas con perfiles críticos en áreas IT. Asumiendo el más conservador de los escenarios, las proyecciones del informe de CICOMRA arrojan un faltante de al menos 17.000 puestos desde 2007 hasta 2009 (2007: 31).

**FIGURA 6. FRANJAS SALARIALES EN LA INDUSTRIA TIC**



Fuente: Encuesta de remuneraciones ITCON. 3480 casos 300 entrevistas profundidad

Los salarios de todos los perfiles críticos se han disparado en los últimos años debido a la escasez de recursos en el sector, lo que hace que profesionales con poca experiencia escalen a altos cargos en poco tiempo. Específicamente, los salarios de los perfiles junior se están posicionando entre 10% y 15% por encima de los sueldos promedio del mercado general. Un joven sin experiencia laboral

previa podría empezar ganando mensualmente alrededor de 800 como soporte y 1.000/1.500 pesos como junior en programación. Un programador .Net, Java o Visual Basic podría ganar entre 2.200 y 2.800 pesos. Un líder de proyecto gana \$78.000 al año y un ingeniero de aplicaciones señor gana –en promedio–, un sueldo anual de \$80.000, según la consultora Universo Bit (Pernas, 2007).

### *b) Oferta de capital humano*

Para analizar la oferta de Capital Humano vinculada específicamente al área de TIC, las estadísticas existentes toman principalmente los egresados o estudiantes de las 200 carreras de grado del área de informática y sistemas. Esto se complementa con cerca de 40 carreras de posgrado, mayoritariamente maestrías.

Pocos datos se obtienen sobre los programas extracurriculares desarrollados principalmente por el sector privado –se analizan en detalle más adelante– que toman a los alumnos del secundario como beneficiarios de cursos de capacitación, a fin de prepararlos para el mercado de trabajo. En este sentido, es necesario posicionar y realizar un seguimiento de esta interfase que vincula al secundario con el nivel terciario y los polos laborales para conocer su evolución y validez en detalle. También sería interesante no sólo incidir para que los jóvenes provenientes de un programa extracurricular con base en colegio secundario consigan un trabajo sino para que sigan estudiando.

**TABLA 6: OFERTA CAPITAL HUMANO TIC**

<b>Oferta Capital Humano</b>	<b>2006</b>	<b>2007e</b>	<b>2008e</b>	<b>2009e</b>
Egresados Universitarios Totales	102.500	105.869	109.351	112.949
Egresados Terciarios Totales	49.188	50.210	51.190	52.452
<b>Total Egresados Sistema Formal</b>	<b>151.688</b>	<b>156.079</b>	<b>160.541</b>	<b>165.401</b>
Egresados Universitarios TIC	3.128	3.378	3.682	4.050
Egresados Terciarios TIC	3.637	4.562	5.522	6.150
<b>Total Egresados Sis. Formal TIC</b>	<b>6.765</b>	<b>7.940</b>	<b>9.205</b>	<b>10.201</b>
Idóneos	1.900	2.380	3.283	4.330
<b>Egresados TIC+Idóneos</b>	<b>8.665</b>	<b>10.320</b>	<b>12.488</b>	<b>14.531</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos CICOMRA, 2007.

El número de alumnos y particularmente de graduados de las carreras formales en cuestión evolucionó favorablemente en los últimos años, pero no ha permitido cubrir las necesidades de la demanda como se analiza previamente. (CICOMRA, 2007: 85) Si bien los indicadores argentinos en materia de matriculación en carreras universitarias y terciarias relacionadas a IT son los mejores de la región, la educación superior no ha acompañado al crecimiento de la demanda de recursos humanos (ni en cantidad de profesionales formados, ni en las orientaciones formativas de dichos profesionales) de la industria.

Otro factor importante en el número de egresados tiene que ver con la deserción. Muchos de los entrevistados hacen referencia a este hecho con preocupación dado que muchos jóvenes, por su capacidad, rápidamente escalan a puestos de trabajo muy bien remunerados abandonando sus estudios.

Según el cuadro 6, el sistema Universitario y el Terciario en su totalidad muestran un crecimiento en el total de egresados en los últimos años (10.320 en 2007). La estructura de la pirámide organizacional muestra una figura particular en el sector TIC, la de una urna funeraria: se registran más universitarios que técnicos. Estos últimos serían los perfiles más requeridos dados sus conocimientos generales y menor costo de honorarios.

*c) Escenarios posibles*

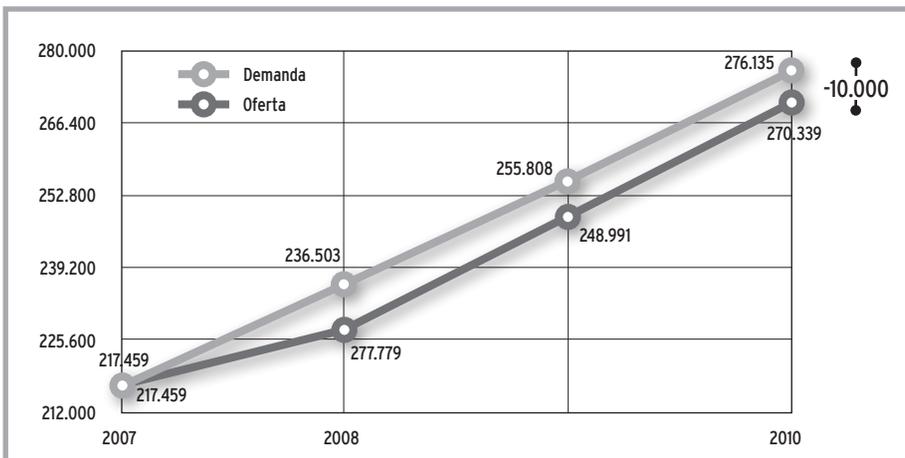
Existen varias opciones en cuanto a calcular la brecha entre oferta y demanda de capital humano TIC. En cualquiera de los casos posibles el resultado será negativo. Se advierte que tanto en el Capital Humano ubicado en la Oferta, como en el ubicado en las empresas usuarias públicas y privadas seguirán creciendo a tasas sostenidas. “Para el período 2007-2009 la demanda de Capital Humano con perfiles críticos TIC excederá a la oferta en 21.000 personas.” (CICOMRA, 2007; p. 26).

272

El Capital Humano de las empresas de la Oferta TIC seguirá creciendo con mayor aceleración que el promedio. De acuerdo al Informe de Capital Humano Tic, el crecimiento en la oferta estaría condicionado por los siguientes factores, dando lugar a distintos escenarios (CICOMRA 2007: 33/34):

**Escenario Optimista:**

**FIGURA 7. BRECHA DE OFERTA Y DEMANDA: ESCENARIO OPTIMISTA**



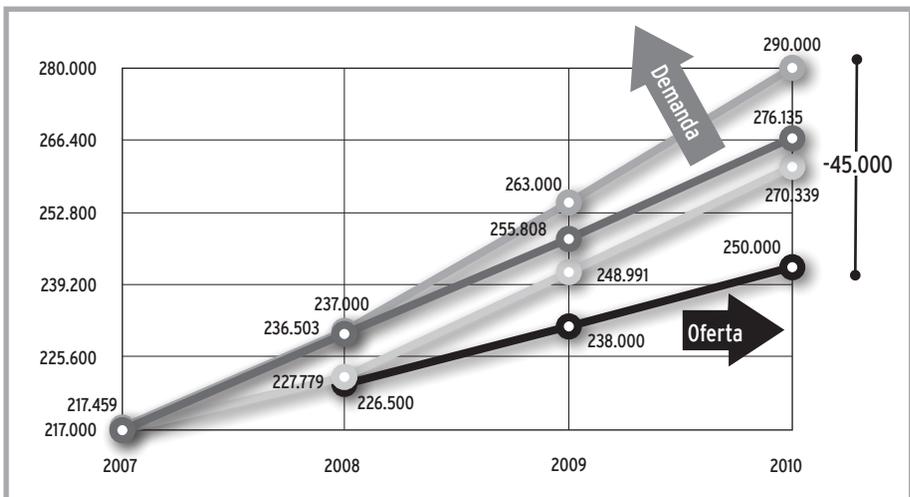
Elaboración propia en base a datos de CICOMRA, 2007

La mayor convergencia de la oferta y demanda. En los próximos tres años estarían divergiendo sólo en 10.000 puestos faltantes siempre y cuando:

- El Sistema Público de Educación Universitario aumenta su capacidad de formación de y logra mejores tasas de inscriptos y egresos y la tendencia se mantiene en los próximos cinco años.
- Que el Sistema Terciario muestre además una mayor “velocidad” para responder a las demanda del mercado.
- Que otros programas extracurriculares y que el nivel Medio crezcan, reporten al sistema y mejoren la oferta.

### Escenario Pesimista:

**FIGURA 8. BRECHA DE OFERTA Y DEMANDA: ESCENARIO PESIMISTA**



Elaboración propia en base a datos de CICOMRA, 2007

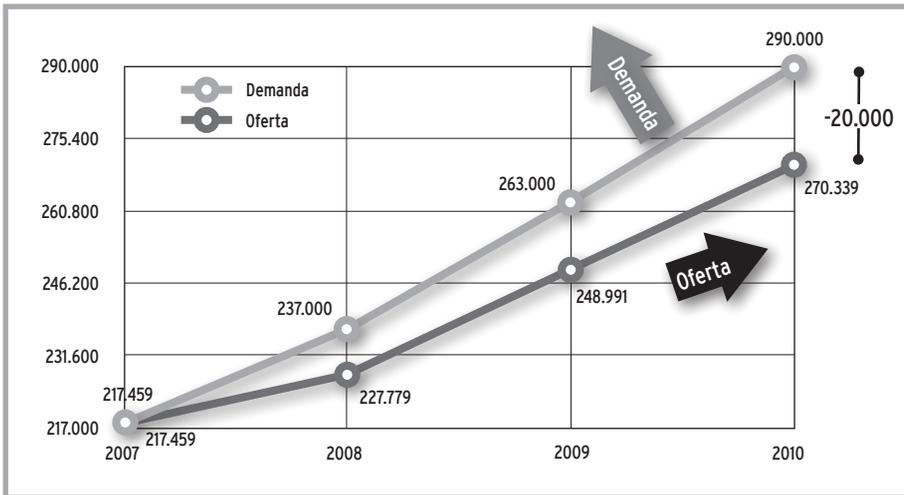
La oferta y demanda divergen en 45.000 puestos faltantes. La oferta no será tan elástica. Ya que:

- La oferta de Capital Humano puede que no sea explosiva dado que, a pesar de cierto crecimiento en matrícula, los alumnos y egresados de carreras TIC se mantienen, en porcentaje, bajos (4% a 5%).
- Una importante saturación en perfiles críticos, aunque el mercado en general también pide recursos para diversas orientaciones.
- Importante competencia por captar un número relativamente reducido de perfiles (casi el 90% de profesionales ha recibido en 2006 entre 1 y 3

propuestas). Esto redonda en costos más elevados para retener y captar recursos humanos.

### Escenario más probable:

FIGURA 9. BRECHA DE OFERTA Y DEMANDA: ESCENARIO MÁS PROBABLE



274 Fuente: Elaboración propia en base a datos de CICOMRA, 2007

La oferta y demanda divergen en 20.000 puestos faltantes dado que la demanda se mantiene explosiva como en el escenario pesimista pero los programas extracurriculares juntos con algún esfuerzo del sistema oficial logran flexibilizar la oferta. Condiciones:

- Que el sistema educativo crezca pero no lo necesario (y mucho menos en los perfiles críticos).
- Que aunque aumente cuantitativamente la oferta del Sistema Universitario + Terciario (más ingresantes, menos deserción, etc.) en carreras de IT, los jóvenes continúen optando por las carreras tradicionales (ej: muchos abogados, muchos contadores, pocos programadores). De esta forma, la orientación formativa es parte del problema.
- Surjan soluciones privadas para poner un puente entre el sistema formal, informal y esfera laboral.

Los proyectos que se perfilan en el tipo de Post-Secondary Education existente en Estados Unidos, donde el sector privado, las universidades y los sectores de la sociedad civil forman partnerships para ofrecer cursos específicos destinados a cubrir áreas de IT. Estas uniones hacen posible que ciertos sectores de la po-

blación puedan ser partícipes activos del desarrollo económico local y nacional. (Kim & Harrington, 2006).

### **6.1.3. Formación del capital humano TIC**

Observados los datos básicos de la prospectiva de corto plazo del mercado de trabajo ejercitada en el capítulo anterior queda claro que de no mediar un esfuerzo colectivo, se perderán dos oportunidades concomitantes. La oportunidad económica de incrementar la porción de esta industria del conocimiento en el PBI, y la oportunidad social de extender los beneficios laborales a grupos crecientes de la población que no gozan de salarios por encima de la media nacional.

En esta sección entonces, nos dedicaremos a analizar los puntos de partida del área, es decir las capacidades básicas locales actuales para la formación de capital humano TIC y su posible evolución prospectiva. Saber cómo ensanchar la base de la pirámide a fin de que se forme más y mejor capital humano TIC. Para lo cual analizaremos:

1. Las capacidades de formación para el trabajo que se requieren para cumplir metas de corto plazo.
2. Las capacidades de formación básica TIC. El capital humano TIC no se reduce a la formación para el trabajo. Por un lado existen muchas capacidades y competencias TIC que los ciudadanos necesitan en su vida.
3. Los actores clave que afectan la coordinación institucional.

275

#### *a) Capacidades de formación para el trabajo TIC*

Si bien ya se analizó en el capítulo anterior la oferta de Capital Humano vinculada al área de TIC, en donde las estadísticas existentes que toman principalmente los egresados o estudiantes de las 200 carreras de grado del área de informática y sistemas. Esta se refiere casi exclusivamente a la educación universitaria y terciaria.

#### **Nivel universitario**

En el terreno universitario hay mucho que trabajar para mejorar la retención y aumentar la capacidad y la calidad de la formación. Sin embargo es difícil imaginar un aumento considerable de la matrícula que pueda resolver los problemas de formación de capital humano mediante una estrategia que aumente la retención. Son dos problemas diferentes.

El área universitaria está siendo abastecida con una creciente inversión pública en investigación y desarrollo en general que ha implicado un aumento nominal de los salarios docentes y de los investigadores; y en particular el caso del Fondo para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Informática (FOMENI). No obstante lo cual no se registran cambios considerables en uno y otro problema mencionado, matrícula y retención.

La deserción y la retención están relacionadas con la institucionalización del trabajo para los estudiantes. Una educación masiva y productiva, debería pensar en otro tipo de planes de estudio, de dedicación laboral o de ambos, en donde la integración trabajo-estudio debería ser más elevada. Por otro lado las compañías tienen una responsabilidad ya que existen una incompatibilidad entre trabajos full time de más de 40 hs. semanales y los estudios universitarios pensados para una dedicación plena durante 5 años.

Existen otros temas de diversa índole relacionados. Por ejemplo la “virtualización de los métodos de enseñanza-aprendizaje” podría multiplicar la capacidad de formación del sistema. Sin embargo en este terreno el país se encuentra muy atrasado respecto de países líderes como Inglaterra y España. (Pérez Lindo, 2007: 56)

En todo caso los problemas mencionados son de índole organizacional y de asignación de recursos dentro de las instituciones universitarias, por lo tanto un tema propio de la autonomía, o bien, un problema relacionado con el comportamiento de la población joven que responde a la realidad de los usos y costumbres de la población joven que ingresa al mercado laboral que prefiere dejar sin terminar su carrera ante la evidencia de que su puesto de trabajo no estará en riesgo.

276 Por lo tanto nos focalizaremos en esta sección en las áreas del sistema educativo que potencialmente tienen “capacidad ociosa” para la formación de capital humano. Por un lado los estudiantes en el sistemas educativo del resto de las carreras universitarias y terciarias que potencialmente podrían incorporar o han incorporado contenidos TIC; y por supuesto de la educación primaria y secundaria que potencialmente podrían incorporar o han incorporado contenidos TIC, tanto en programas curriculares como en los extracurriculares. En este punto se debería considerar los esfuerzos público-privados para desarrollar programas de inserción laboral en el sector TIC.

### **Escuela media y terciaria**

Las acciones que se vienen desarrollando en el plano de la formulación de planes estratégicos para el sector ya incluye un buena dosis de planificaciones al respecto. En este aspecto una primera avanzada del despliegue de políticas educativas es el que se ocupó de actualizar las currículas de las Educación Técnica Media. En este punto también se deberían incluir la actualización tecnológica de los institutos terciarios del país.

Otro aspecto a cubrir es el del desarrollo de perfiles híbridos que debería ser parte de una segunda generación de políticas de transformación de la escuela media. Hoy estos perfiles híbridos se cubren con Institutos terciarios de formación privada que también forman parte de las avanzadas del cambio técnico en este caso resuelto por la oferta privada de formación terciaria.

Por último también se registran ofertas de formación “on the job” que las empre-

sas despliegan en su afán de resolver los problemas de satisfacer sus demandas de recursos humanos.

### *Perfiles informáticos para la educación media*

Entre los cuales podemos destacar la confección por parte del Instituto Nacional de la Formación Técnica (INET) de 2 perfiles profesionales con el apoyo de la CESSI. La CESSI compiló un estudio de perfiles del cual se desprende la siguiente lista agrupada por clusters de demandas por segmento del mercado:

#### **Listado de Perfiles (CESSI, 2005)**

1. Cluster Desarrollo de Software
  - 1.1 ANALISTA DE SISTEMAS / ANALISTA TÉCNICO FUNCIONAL
  - 1.2 DESARROLLADOR DE APLICACIONES WEB
  - 1.3 DESARROLLADOR DE APLICACIONES CLIENTE SERVIDOR
  - 1.4 ARQUITECTO / DISEÑADOR DE SOLUCIONES
  - 1.5 ESPECIALISTA EN SEGURIDAD DE APLICACIONES
2. Cluster Infraestructura Tecnológica
  - 2.1 ADMINISTRADOR DE REDES, COMUNICACIONES Y SISTEMAS OPERATIVOS
  - 2.2 ADMINISTRADOR DE SEGURIDAD
  - 2.3 ADMINISTRADOR DE BASE DE DATOS
3. Cluster Funcional
  - 3.1 CONSULTOR FUNCIONAL JUNIOR
  - 3.2 CONSULTOR FUNCIONAL SENIOR
  - 3.3 LÍDER DE PROYECTO
  - 3.4 PROJECT MANAGER / DIRECTOR DE PROYECTOS
  - 3.5 EJECUTIVO COMERCIAL
4. Cluster Calidad
  - 4.1 LÍDER / GERENTE/ RESPONSABLE DE CALIDAD
  - 4.2 ANALISTA QA (QUALITY ASSURANCE)
  - 4.3 ANALISTA TESTER (CON ORIENTACIÓN TÉCNICA Y/O FUNCIONAL)

277

Este valioso y reciente trabajo requiere de un esfuerzo federal para su implementación. Esta nueva iniciativa requiere de la acción positiva de los sistemas educativos provinciales para que se lleve a la práctica. En este sentido existen muchas oportunidades para crecer en el área media del sistema creando Escuelas Técnicas Informáticas e Informatizando la escuela media general.

## *Perfiles híbridos*

Las ofertas de formación de capital humano no solo deben responder a la industria del software, estamos ante un escenario de **perfiles híbridos**. La mayoría de la demanda de RRHH en la industria SSI se encuentra en los proveedores de software, sin embargo el grueso del mercado se encuentra en las empresas usuarias. Un aspecto relevante de estas empresas es su demanda de perfiles de nuevo tipo. Son los perfiles híbridos que se ocupan de funciones de línea que han incorporado una alta dosis de tecnología informática. Por ejemplo, las gerencias de marketing y comunicación de esas empresas son tomadoras de Diseñadores web, estos diseñadores si bien no son formados como informáticos pueden provenir de carreras de diseño o comunicación y luego se forman en las aplicaciones y en programación de manera formal o informal.

Otro ejemplo de perfil híbrido son los técnicos industriales “digitalizados” como los 800 operarios que tomó TOYOTA cuando abrió su planta en Zárate en 1997. Para TOYOTA fue un problema abastecerse de recursos humanos que puedan manejar los estándares que sus perfiles requieren. En 2006, Toyota Argentina realizó la primera entrega de diplomas de su “Programa de Educación e Inserción Laboral”. Se trata del primer programa de este tipo en el país y su objetivo principal es promover que jóvenes de 18 a 25 años completen el secundario. Asimismo, una vez terminados sus estudios, se les brinda la oportunidad de continuar capacitándose e ingresar a trabajar en la compañía. Los primeros 16 jóvenes que recibieron el diploma, ya fueron incorporados a la planta industrial de Toyota en Zárate.

278

Otro ejemplo de perfil híbrido son los vendedores “digitalizados”. La creciente incorporación de tecnologías de la información en los trabajadores móviles tanto por los dispositivos informáticos como de telefonía celular con internet móvil y el push mail de dispositivos como los Blackberry convierten a todo trabajador de campo en trabajador digitalizado cuando sobre esas plataformas se desarrollan aplicaciones específicas para la gestión de ventas.

### **Proyectos de formación alternativa de RRHH**

El desarrollo de programas y esquemas de capacitación y formación, como dijimos arriba, constituye una alternativa para solucionar la escasez de Capital Humano, un camino que varias empresas han desarrollado en Argentina. Los programas más exitosos son los programas in-house que realizan las empresas para reclutar y formar talentos. A continuación se reseñan las experiencias observadas:

#### **Caso BAITEC**

Incubadora de Empresas de Base Tecnológica del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, cuenta con 1000 m<sup>2</sup> e incuba empresas física y virtualmente. Entre los servicios que brinda se encuentran los siguientes: box de incubación; asesoramiento técnico y económico; vinculación con el sistema metropolitano de C&T; sala de reuniones y auditorio; secretaría y recepción; Internet y correo

electrónico; servicios básicos, fotocopiadora, fax e impresión; vigilancia y limpieza. Los destinatarios a presentar proyectos son personas físicas (mayores de 21 años o emancipados) o jurídicas.

## Córdoba Technology: Programa de Becas del Centro de Residencias

El programa de Becas del Centro de Residencias se enmarca en el "Plan Estratégico de Formación de Recursos Humanos para la industria informática y electrónica de la provincia de Córdoba". Son cursos gratuitos de actualización en tecnologías de la información y electrónica que se dictan en el Centro Amadeo Sabatini.

Se trata de un programa de capacitación dirigido a adolescentes en situación de vulnerabilidad (drogadictos, sin hogar, violencia familiar, etc) organizado por El Ministerio de Producción del Gobierno de la Provincia de Córdoba, junto con el Cluster Córdoba Technology<sup>52</sup>, la CIIECCA, el ITC y las Empresas Multinacionales radicadas en Córdoba ofrecen capacitación gratuita en cursos de formación laboral en Java, .Net, C, C++ y Oracle.

## Becas "500x500" y "500x300": Gobierno de la Provincia de Córdoba.

### FIGURA 6. AVISO DE PROMOCIÓN CÓRDOBA

Regístrate y participá del sorteo de una PlayStation

Nombre y Apellido

Email

la imagen es ilustrativa

¿Te gustan los nuevos Tecnologías?  
**SUMATE**

CARRERAS CURSOS BECAS EMPRESAS

• BECAS

Becas "500x500" y "500x300" . Gobierno de la Provincia de Córdoba.

El Programa 500x500 prevé otorgar 500 becas de 500 pesos mensuales (6.000 pesos anuales) por el período que dure la carrera para alumnos con los mejores promedios que se inscriban en carreras universitarias de informática. Los formularios de inscripción se retiran en los colegios.

El Programa 500x300 prevé otorgar 500 becas de 300 pesos mensuales (3.600 pesos anuales) por el período que dure la carrera para alumnos con los mejores promedios que se inscriban en carreras terciarias de informática. Los formularios de inscripción se retiran en los colegios.

Procedimiento: Los formularios de inscripción se retiran en los colegios. Los alumnos deberán completar la solicitud y presentarla en su propio colegio. La Dirección del establecimiento hará constatar el promedio, elevará la solicitud al Ministerio de Educación y se hará la selección. Entre el 1 y el 15 de diciembre se hará la presentación y antes de fin de año se darán los resultados.

Más información: <http://www.cba.gov.ar>

Becas del Centro de Residencias

El programa de Becas del Centro de Residencias se enmarca en el "Plan Estratégico de Formación de Recursos Humanos para la industria informática y electrónica de la provincia de Córdoba". Son cursos gratuitos de actualización en tecnologías de la información y electrónica que se dictan en el Centro Amadeo Sabatini.

Para más información enviar un mail a Cluster Córdoba Technology:  
[info@cordobatechnology.com](mailto:info@cordobatechnology.com)

Fuente: Entrevistas propias.

El Programa 500x500 prevé otorgar 500 becas de 500 pesos mensuales (6.000 pesos anuales) por el período que dure la carrera para alumnos con los mejores promedios que se inscriban en carreras universitarias de informática.

El Programa 500x300 prevé otorgar 500 becas de 300 pesos mensuales (3.600 pesos anuales) por el período que dure la carrera para alumnos con los mejores promedios que se inscriban en carreras terciarias de informática.

Procedimiento: Los formularios de inscripción se retiran en los colegios. Los alumnos deberán completar la solicitud y presentarla en su propio colegio. La Dirección del establecimiento hará constar el promedio, elevará la solicitud al Ministerio de Educación y se hará la selección.

Entre el 1 y el 15 de diciembre se hará la presentación y antes de fin de año se darán los resultados.

### **Programas extracurriculares en Sistema Educativo (ej. Santa Fe)**

Habitualmente en las escuelas técnicas a contra turno existen programas extracurriculares de formación de programadores. Estos programas distan de ser masivos y son el resultado de la voluntad de un puñado de profesores. En Rosario, por ejemplo funcionan en 5 escuelas técnicas de las que se reciben de 40 a 50 programadores por año. El resultado es bueno a pesar de contar con una infraestructura y equipamiento muy precario sin embargo el volumen es poco.

280

### **IBM - Area de Global Delivery Center de IBM Argentina**

En el 2005/2006 se comenzó a desarrollar una mini currícula para colegios secundarios. IBM acordó con el intendente de Vicente López realizar un caso piloto en la Escuela Paula Albarracin de Sarmiento. La infraestructura era muy mala y fue muy engorroso hacer o proponer cambios. IBM entregó un curso de formador de formadores y mejoró mucho el nivel los profesores. Pese a las dificultades, este programa recién llegó a la implementación en las escuelas este año (2008). Para lo cual se aplicaron las lecciones aprendidas del caso piloto y se firmó un convenio llamado COPRET con la Dirección de Escuelas de la Provincia de Buenos Aires y con el Ministerio de Trabajo.

El objetivo del convenio era formar a los egresados como *system administrator*, administradores y soportes de redes y aplicaciones, con habilidades tales como instalar programas y redes, un objetivo complicado o ambicioso para llevar con alumnos de un colegio secundario con conocimientos muy básicos. Se seleccionaron 22 profesores que pertenecen a escuelas con buen equipamiento y currícula más sofisticada para poder tener un diálogo común. La municipalidad nombró un coordinador (Director Colegio La Salle) para todo el proyecto.

El mismo incluye que los alumnos tomen los cursos en los dos últimos años de la secundaria y que estos contenidos sean parte de los CBCs. Si son parte de la currícula, dado que si era extracurricular se complicaba la implementación ya que

los alumnos tenían que concurrir en horarios extra complicándose la operación y la logística de los cursos. El plan es que al final del curso entren en IBM como junior de logical access que es lo más junior que hay en la compañía.

### **GLOBANT University (Globant U)**

Globant es una de las empresas de software que más ha crecido en los últimos años en el país destacándose por el valor agregado. Pasó de tener 300/350 empleados en el 2003 a 700 en 2007. A partir del posicionamiento obtenido, la empresa quiere desarrollar una carrera ágil donde los alumnos todos los años reciban alguna certificación que cambiaría a medida que las tecnologías cambian. El proyecto empezará con adolescentes de 4to año del secundario, con turnos acomodados. Se les piensa enseñar temas centrales y un 70% conocimientos “ready to be used”, por ejemplo, como usar las google apis, el google map, crear juegos x electronic arts, etc. Se espera recibir a 150/200 chicos durante el primer año. La inversión para crear la Globant-U es de aproximadamente 3 o 4 millones de dólares.

*“Este proyecto que me presentás nos interesa (Fundación BI) porque quizás puedan colaborar o plegarse a la Global U. Queremos desarrollar una carrera ágil (lo contrario a la tendencia de las carreras waterfall). Pensamos que la carrera tiene que ser una secuencia “todos los años me recibo de algo”. Tampoco queremos esperar que tengan 18 años, tienen que empezar antes, un chico de 15 es ya un cerebro.”*

*Martin Migoya Globant CEO*

281

### **Clienting Group**

En 2007 lanzaron un proyecto de Jóvenes Entusiastas para reclutar 20 jóvenes por semana para capacitarlos en tareas y conocimientos específicos de programación y sistemas técnicos. Pero como no lograron cubrir el cupo, lo fueron completando con gente para call centers.

### **CISCO**

La empresa impulsa RoadShows por el interior del país de aproximadamente dos meses, de modo tal de contactar a interesados en convertirse en canal de Cisco y especializarse en soluciones para PyMEs, y a la vez, ofrecer alternativas de capacitación específicas para los perfiles que necesita. Otro esquema utilizado por Cisco consiste en promover programas con apoyo gubernamental (ya sea a nivel Nacional, Provincial o Municipal).

### **Microsoft, Laboratorios de capacitación y empleo**

Un ejemplo de esta alternativa es el laboratorio de capacitación y empleo Microsoft. Conjuntamente con el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social del Gobierno Nacional, la empresa inaugura laboratorios de capacitación y empleo

en Rosario, en el marco del programa de capacitación y empleo Plan+MAS, en la Universidad Tecnológica Nacional, para que los alumnos puedan recibir las capacitaciones en .NET. En el programa Plan+MAS participan también los polos tecnológicos de Buenos Aires, Tandil, Rosario, la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos (CESSI), y diversas universidades.

## **Oracle**

Oracle junto con Fundación Proydesa desarrollaron el curso “Oracle 10g Java Programming”, Esta nueva propuesta de formación profesional apunta a ofrecerle a estudiantes y graduados para su inserción laboral capacitación en programación Java. La dinámica del curso incluye crear aplicaciones mediante las tecnologías Java estándar, a través del entorno de desarrollo Oracle JDeveloper 10g. “Oracle 10g Java Programming” tiene una duración de un semestre, 18 semanas en total. La cursada es de 4 horas semanales con una combinación de clases presenciales y estudio en línea por medio de un sitio web desarrollado para este programa. El material de estudio utilizado es el kit de Oracle University y una serie de contenidos específicos on line.

### *b) Las capacidades de formación básica TIC*

282

En la Argentina se promulgaron leyes, se sancionaron decretos y se emitieron declaraciones administrativas que fueron delineando una política para el desarrollo de la Sociedad de la Información. El andamiaje legal desplegado sólo tuvo objetivos de orden técnico, en muy pocos casos se pueden observar intentos de estrategias programáticas generales orientadas a crear un entorno que facilite el acceso universal a las TIC para niños y jóvenes y mucho menos que sean estas tecnologías las protagonistas de la transformación de la educación para el trabajo.

Las políticas tecnológicas en general, y las políticas de inclusión digital en particular, tienen muchas dificultades para lograr un lugar de atención en la agenda pública. Sin embargo, si bien no son objeto de los discursos políticos, sí se pueden observar acciones concretas pasibles de ser mensuradas. Estas acciones han emergido de una serie de políticas de nivel medio en la administración que apuntaron a resolver los temas básicos de la modernización y los problemas concretos en la eficacia de la administración del Estado. (Artopoulos y Molinari, 2007).

El promedio de alumnos por computadora en establecimientos de nivel medio de educación común en el ámbito urbano asciende a 25. En la región es superado por países como Chile, Costa Rica o México y supera a Brasil que asciende a 40 alumnos por computadora. En el ámbito privado esta cifra se reduce a 14 siendo 36 el promedio para las estatales. Pero si consideramos a las escuelas de nivel primario los guarismos se disparan a un promedio de 79 alumnos por computadora, llegando a 121 en las estatales.

Entre los programas en el área educativa son varias las líneas de actividad que muchas veces se encuentran descoordinadas y superpuestas. Si bien se registran

decisiones de alto nivel muy claras respecto de la importancia de atacar los problemas del acceso, tanto en el nivel de la infraestructura como en la integración pedagógica de las herramientas informáticas, los magros resultados demuestran que estas decisiones no se las sostienen con el tiempo y se ven truncadas por la corta duración de las administraciones tanto nacionales como provinciales. También hay que destacar que uno de los factores, además de la descoordinación e inconstancia de los programas nacionales, es la reducida iniciativa de los gobiernos provinciales que son los que tienen incidencia directa sobre los establecimientos escolares. Veamos algunas de las experiencias:

### **Iniciativas Nacionales**

Educ.ar que se inició como un gran esfuerzo público-privado para reducir la brecha digital tuvo que ser reformulado y de alguna forma “estatizado”. El portal educativo del Estado Argentino se fundó con un modelo de negocios muy particular. Se lanzó al mercado en septiembre de 2000, todavía en tiempo de la burbuja punto.com, como “la primera empresa de Internet del Estado destinada a la educación.” Para la creación del portal, el empresario argentino Martín Varsavsky donó 11,2 millones de dólares, un dólar por cada alumno argentino.

La donación del empresario, nacido en la Argentina, funcionaba como “dinero semilla” para desarrollar el portal que captaría a un público “cautivo” del sistema de enseñanza argentino. Se calculaba llegar a más de 9.5 millones de alumnos, 1.5 millón de estudiantes y profesores universitarios y 600.000 docentes. La idea era lograr la atención de este público mediante la facilitación de herramientas para enseñar en la sociedad del conocimiento y lograr que las TIC se conviertan en una solución de las demandas educativas. Con este público, el portal tendría un valor de mercado enorme que convenientemente comercializado podía servir para financiar un plan gigantesco de capacitación informática para docentes y la conexión a la Red de todas las escuelas del país.

Este portal sufrió dos golpes. Uno global, la caída de la burbuja especulativa alrededor de los proyectos punto.com, y otra local, la crisis terminal de la economía argentina a fines del 2001. Luego de estos cambios mayores, el modelo de negocio de la empresa de Internet del Estado fue inviable, y se convirtió en una dependencia del Ministerio de Educación.

De las 7.384 escuelas secundarias y 29.712 primarias que se calculaban conectar a Internet en la fundación del portal muy poco se ha avanzado. Educ.ar sólo ha conectado en forma directa a 15 escuelas de todo el país. Muy poco es lo que se pudo hacer desde un núcleo centralizado de política educativa y muy baja la conectividad del sistema educativo argentino por lo que hicieron los distintos componentes federales.

De todos los programas existentes en el Ministerio de Educación, el que ha invertido en forma consistente en el área de informática educativa ha sido el Programa de Mejoramiento del Sistema Educativo (PROMSE) (<http://www.me.gov>).

ar/promse/). Si bien comenzó a negociarse en el 2001, este Programa, que está financiado por el BID, sólo comenzó a ser efectivamente usado a fines de 2003. En sus tres años de existencia, el Programa ha aportado equipamiento y formado docentes en forma continua.

El Programa se orienta a apoyar a las jurisdicciones en el mejoramiento de la calidad, la equidad y la eficiencia del sistema educativo. De esta manera, intenta contribuir a la disminución de la desigualdad social a través del aumento de la escolaridad y la atención de las necesidades educativas de los jóvenes de los sectores de mayor riesgo social y educativo.

PROMSE Y PIIE atienden, con diferentes alcances, alrededor de 6.700 establecimientos de gestión estatal donde concurren alumnos de nivel medio (con financiamiento BID) y aproximadamente 2.500 de EGB 1 y 2 (contrapartida local), incorporados en función de contar con una proporción mínima de matrícula en situación de pobreza. El Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación se ocupa de las adquisiciones y contrataciones de libros, equipamiento informático, consultoría y capacitación, y las provinciales se encargan del equipamiento mobiliario, obras menores, aulas de informática, redes, consultoría y capacitación.

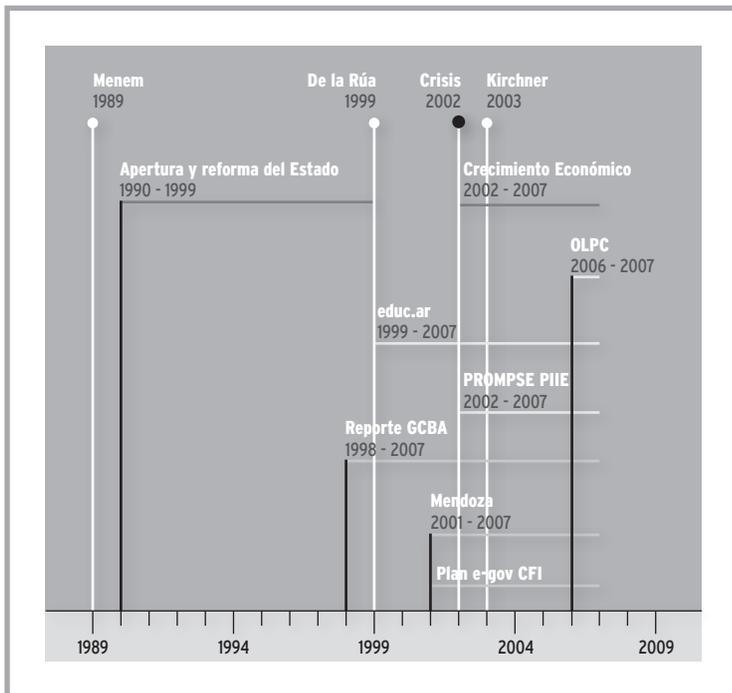
284

Sin embargo, el funcionamiento de estos programas del área educativa delinea al menos dos problemas concurrentes: la falta de consenso acerca de las estrategias de abordaje de las políticas de e-government en educación y la ausencia de condiciones de apropiabilidad de la tecnología en la base del sistema. En otras palabras, no existe un consenso acerca de las estrategias de abordaje de las políticas de e-government en educación. No hay una coordinación sistemática de tareas entre el PROMSE, el PIIE, los Ministerios Provinciales y el portal educ.ar. Si bien hay iniciativas nacionales y provinciales, no todos los actores del sistema nacional de educación están convencidos de la prioridad de la incorporación de las TIC a la educación. La mayoría de los actores siguen la tendencia conservadora que no da lugar a las TIC en la disminución de la desigualdad social. Las TIC, según esta tendencia, son un lujo que no está al alcance de las poblaciones más desfavorecidas que están sometidas a educación de baja calidad y en peligro de analfabetismo.

Cada agencia tiene su agenda propia, sin unir esfuerzos. En este escenario de atomización, estas agencias enfrentan con dificultad la problemática básica para actualizar el equipamiento y la conectividad de las organizaciones educativas. En pocos casos encontramos ejemplos de innovación organizacional a nivel de las jurisdicciones que enfrente la problemática de segundo orden, los procesos de apropiación a nivel organización escolar y a nivel de docente/aula.

Aún cuando los programas más avanzados del ministerio nacional superen la dicotomía pre-informacional "igualdad versus TIC", el funcionario promedio ve con recelo las iniciativas nacionales, y estas iniciativas, como hemos visto, se legitiman con lógica "igualadora" sin atender a los criterios de apropiabilidad. Esto hace que la implementación de políticas termine perdiendo efectividad.

## GRÁFICO: LÍNEA DE TIEMPO SOBRE EXPERIENCIAS DE EDUCACIÓN Y TIC



285

Por otra parte, muchos estudios han demostrado que no existe una relación directa entre apropiabilidad de las tecnologías y el nivel socioeconómico. Por lo tanto, los programas de incorporación de tecnologías en la educación deberían observar los procesos de difusión y de incorporación. Sin embargo, no hay en las políticas actuales el intento de reemplazar esta lógica “igualadora” por una efectiva lógica “apropiadora” de la tecnología. En este sentido, podemos señalar las experiencias que se detallan a continuación.

### Experiencias provinciales

Si bien existen experiencias destacables en La Pampa y San Luis, sólo para citar algunas el promedio de la utilización de Internet en experiencias educativas significativas y con impacto sigue siendo muy bajo.

Entre las experiencias de utilización de TIC en políticas de desarrollo, la Red Porteña Telemática, REPORTE, del Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires fue de las más destacadas. El proyecto tenía varios componentes y cubre distintos niveles y modalidades del sistema educativo. Aulas en Red fue el proyecto educativo institucional de las escuelas primarias basado en la incorporación de las TIC a los procesos de aprendizaje y de enseñanza, la Red de Escuelas Medias, fue el proyecto que promovió y facilitó el uso de las TIC en las Escuelas Medias y Artísticas de GCBA.

Desde lo pedagógico y didáctico, el proyecto promovió la puesta en marcha de experiencias de trabajo colaborativo entre docentes y alumnos, como por ejemplo la implementación de círculos de aprendizaje. Las lecciones aprendidas de la experiencia de REPORTE indican que el cambio en las escuelas, para que sea efectivo, no puede ser radical sino evolutivo. La población en riesgo no son los alumnos sino los docentes. Recuperar los saberes de los docentes y resignificarlos con las TIC es clave para que se desencadenen procesos de apropiación tecnológica. Es necesario lograr elaborar propuestas ancladas en códigos de la práctica docente y crear espacios de experimentación que permitan el aprendizaje de nuevas formas de enseñar.

En segundo lugar el proyecto nos deja la enseñanza que para lograr estos objetivos es necesario montar estructuras organizacionales flexibles de servicios y asesoría. Una verdadera innovación para los sistemas educativos provinciales. Estos dispositivos por un lado resuelven los problemas técnicos del mantenimiento tanto de Software como de Hardware que las instituciones educativas o los servicios mercerizados no resuelven de manera efectiva.

286

Por otro lado REPORTE ofrecía un dispositivo de consultoría que asesora sobre la incorporación de las TIC a los procesos de aprendizaje y de enseñanza en diferentes áreas. Desde el desarrollo de un eje articulador del Proyecto Educativo Institucional, hasta el trabajo sistemático con los contenidos curriculares de las diferentes áreas considerando a las TIC como espacio común y articulado con las diversas áreas curriculares. Las instituciones educativas por lo tanto no tuvieron que hacer el esfuerzo de traducción desde lo técnico a lo pedagógico y ellas pasaron a formar parte de la red práctica en donde se compartieron las experiencias y se utilizaron los estándares sin imponer uno determinado. Sin embargo luego de 10 años de desarrollo con el cambio de signo político en 2008, estas políticas se discontinuaron.

### *c) Actores Clave*

Los actores sociales que son referencia para el área son la clave para generar los mecanismos del cambio social. El objetivo es comprender las problemáticas, las trabas que impiden avanzar y proponer políticas y estrategias para lograrlo. Es claro que avanzar cualquiera de estos temas requiere de una fuerte y prolongada acción conjunta del estado, las empresas y la academia, aunque por cierto de la sociedad en su conjunto. ¿Cómo debería gestarse una estrategia a largo plazo que comprometa a los actores relevantes de esta problemática y produzca los cambios necesarios en los tiempo requeridos?

A continuación se listan los actores clave:

- Ministerio de Educación
- Ministerios Provinciales de Educación
- Universidades Públicas
- Universidades Privadas

- CESSI
- CABASE
- CICOMRA
- Polos o clusters tecnológicos de Rosario, Córdoba, Tandil, Mar del Plata, Buenos Aires y Mendoza
- Centros de Estudio y Thik tank de la educación: FLACSO, IPE, CIPPEC

#### 6.1.4. Capítulo 4. Acciones Propuestas

La formación de capital humano TIC para el desarrollo del país implica considerar tanto los problemas del mercado de trabajo actual como las oportunidades abiertas hacia el futuro.

##### *a) Integración de TIC en la Educación*

Se recomienda desarrollar programas de apoyo a las provincias para formalizar planes de integración de TIC en la currícula. Estos programas se pueden desarrollar en varias modalidades:

- Investigación sobre la integración de TIC  
Mediante la realización de pilotos que permitan experimentar y poner a punto dispositivos de intervención institucional. Esta medida se puede realizar con el soporte conjunto de los Ministerios de Educación y de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- La formación docente en TIC  
Actualizar las curriculas de los profesorados y abrir espacios de innovación en la práctica docente.
- El desafío del acceso  
Desarrollar metas de conexión y equipamiento sustentables en el tiempo.
- Desarrollo de Estándares  
Desde el Ministerio de Educación apoyar la gestión de los ministerios provinciales creando estándares de competencias TIC para docentes.

287

##### *b) Formación para el trabajo con TIC*

- Escuela media integradas a las TIC  
Incorporar a las TIC como herramienta de preparación para el trabajo en todas las especialidades de la escuela media. Para brindar a los alumnos una formación para el trabajo con el dominio de herramientas informáticas para utilizar en ocupaciones no informáticas. Renovación y replanteo de las curriculas de la escuela media que incorpore a los “nuevos” oficios y los perfiles híbridos.

- Terciarios integrados a las TIC  
Incorporar a las TIC como herramienta de preparación para el trabajo. Uso de TIC en todas las Tecnicaturas que se puedan beneficiar de utilizarlas.
- Comunicación  
Desarrollar planes de comunicación a fin de que la audiencia joven perciba la diferencia de ingresar en la industria SSI y haga tangible beneficios.
- Ciencia y Tecnología  
Conectar a la escuela media con la alta tecnología, en particular con investigadores universitarios.
- Formación para la Inserción laboral  
Intensificar los programas de apoyo a las provincias para la formación de técnicos SSI, mediante la formación extracurricular en secundarios y los cursos de formación profesional.

### *c) Formación para el trabajo en TIC*

- Desarrollar la Escuela Técnica en Informática en todos los distritos del país.  
Si bien la ET en Informática ya existe no tiene la dimensión en cantidad de establecimientos que debería para ajustarse a las necesidades de la sociedad. Es necesario fortalecer las ofertas actuales actualizando y formando a los docentes, fomentando su vinculación con el sector, mejorando su equipamiento, preocupándose por mejorar la didáctica de conceptos complejos como la programación, y agregando ofertas en zonas que cuyas condiciones socioeconómicas las requieran o nuevas especialidades que vayan surgiendo.
- Actualización y replanteo de Currículas  
Actualización y replanteo de los programas de estudio a fin de acercarlos a la práctica laboral.
- Comunicación  
Desarrollar planes de comunicación a fin de que la audiencia joven perciba la diferencia de ingresar en la industria SSI y haga tangible beneficios.
- Becas Completas  
Programa intensivo de becas que estimule el estudio de TIC en los sectores menos favorecidos.
- Deserción y Desgranamiento  
Programa de apoyo para evitar la deserción y el desgranamiento en las carreras de informática.

- Flexibilización de planes  
Creación de títulos intermedios, reducción de años de carreras de grado.

### **6.1.5. Documentos Base y Bibliografía**

#### **Documentos Base**

CESSI (2005) Guía de Perfiles / Formación / Competencias correspondientes a Puestos de Informática. Documento, GUIA-000001

CESSI (2008) Plan de la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos (Cessi).

CICOMRA (2007) Situación y Perspectivas del Capital Humano TIC en Argentina, preparado por Prince & Cook para CICOMRA, Buenos Aires.

FNCISSI (2004) Plan Estratégico de SSI 2004-2014 – Plan de Acción 2004-2007, Foro Nacional de Competitividad de la Industria de Software y Servicios Informáticos (FNCISSI), Ministro de Economía y Producción, Buenos Aires.

Fundación Banco Industrial (2007) Proyecto de Capacitación y Empleabilidad en Informática para Jóvenes en Situación de Vulnerabilidad Social, Banco Industrial, Buenos Aires.

Hilbert, Martin, Sebastián Bustos y João Carlos Ferraz (2005) Estrategias nacionales para la sociedad de la información en América Latina y el Caribe Santiago de Chile, Cepal

Labarca, Guillermo (2006) Las Instituciones de Formación Profesional (IFP) en América Latina y el Caribe y las Tecnologías de la Información y el Conocimiento (TIC). CEPAL & @lis, Santinago de Chile.

Lindo, Augusto Pérez (2007). Documento de Prospectiva sobre el Futuro de la Educación Superior. Ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (2008) Informes del Foro de Prospectiva TIC del Proyecto 2020.

Ministerio de Economía (2004) Informe del Foro de Competitividad de Software y Servicios Informáticos.

SECYT (2006) Prospectiva de la Educación Superior Argentina 2020 - Plan Estratégico Nacional de CTI "Bicentenario" (2006-2010), Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.

The Horizon Report 2008 (2008) New Media Consortium & EDUCAUSE Learning Initiative.

Witsa –Digital Planet (2006) Andrade-Jimenez, H. S. (2001): Technology changing political dynamics. *IT Matters*, 29/01. [http://itmatters.com.ph/news/news\\_01292001a.html](http://itmatters.com.ph/news/news_01292001a.html) (03/06/2004).

## Bibliografía

Archibugi, D.; Coco, A. (2004) "A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (Arco)" en CEIS Tor Vergata - Research Paper Series, 15(44)

Artopoulos, Alejandro y Andrea Molinari "e-Government y Desarrollo. Digital Review in Latin America and the Caribbean 2007. Capítulo Argentina". PNUD-CEPAL-DIRSI. , UdeSA Centro de Tecnología y Sociedad, Documento de Trabajo Nro 1., 2007

Artopoulos, Alejandro. "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE FORMACIÓN EN INFORMÁTICA PARA JÓVENES EN SITUACIÓN DE VULNERABILIDAD SOCIAL. Módulo I: Demanda laboral en la industria del software y servicios informáticos en la Argentina. Situación actual y perspectivas" Escuela de Educación, Documento de Trabajo, 2008.

290 Artopoulos, A y Molinari, A. (2007) e-Government y Desarrollo. Latin America and the Caribbean- Digital Review Capítulo Argentina. PNUD-CEPAL-DIRSI. UdeSA Centro de Tecnología y Sociedad, Documento de Trabajo Nro 1. Disponible en [http://www.udea.edu.ar/files/AdmTecySociedad/01\\_digital\\_review.pdf](http://www.udea.edu.ar/files/AdmTecySociedad/01_digital_review.pdf)

Barro, Robert J. and Jong-Wha Lee. "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications". CID Working Paper no. 42, April. 2000

Becker, Gary (1993) Human Capital. University of Chicago Press: Chicago.

Broitman, A. (2007) "Dos empresas indias que buscan personal calificado" en suplemento iEco de Clarín, 23/12/07 Buenos Aires.

Carnoy, Martin (1995) Education, Economic Growth and Technological Change, en: Carnoy, Martin. International Encyclopedia of Economics of Education. Pergamon Press: New York.

Carnoy, Martin (2004) Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos. Lección inaugural del curso académico 2004-2005. UOC, Barcelona.

Carnoy, Martin (2005) Trabajo Flexible en la Era de la Información. Alianza Editorial: Madrid.

Castells, M. (2000a): Materials for an exploratory theory of the network society. *British Journal of Sociology*, 51 (1): 5-24.

\_\_\_\_ (2000b): *The Rise of the Network Society*, 2 ed. Oxford: Blackwell.

\_\_\_\_\_, (ed.) (2004): *The Network Society: a Cross-cultural Perspective*. London: Edward Elgar.

\_\_\_\_\_, Tubella, I., Sancho, T., Diaz de Isla, M. I., Wellman, B. (2003): *La Societat Xarxa a Catalunya*. Barcelona: Rosa dels Vents y Universitat Oberta de Catalunya. CEDLAS "Índice de Oportunidad Digital", Unión Internacional de Telecomunicaciones 2006. Disponible en: "Índice de Pobreza en Argentina" CEDLAS, Universidad Nacional de la Plata. Disponible en: <http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar/cedlas/arg.htm>, 2007.

DINIECE, Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa, Ministerio de Educación. "Acceso universal a la alfabetización digital. Políticas, problemas y desafíos en el contexto argentino" Documentos de la DINIECE Nro 5. 2007.

Duro, Elena, "TIC y Justicia Educativa", en Las TIC: del aula a la agenda política. Seminario Internacional Cómo las TIC transforman las escuelas, editado por UNICEF Argentina e IIPE-UNESCO, sede regional Buenos Aires, 2007.

Feynman, R. Estrategias para una industria de software posible.

Finquelievich, S.; Prince, A. (eds.) (2007) El (Involuntario) Rol Social de los Cibercafés, Edición propia, Buenos Aires.

Finquelievich, Susana, Prince, Alejandro, "El (involuntario) rol social de los cibercafés", disponible en: <http://www.oei.es/tic/rolcibercafes.pdf>, 2007.

291

Gómez Dossena, F. (2007) Los acertijos siglo XXI. Los avisos y las entrevistas de trabajo ya no son tan predecibles. Por lo pronto, hay que aprender a descifrar enigmas. En La Nación, Domingo 23 de setiembre de 2007.

<http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2007/WISR07-Americas.pdf>

IDC –BSA (2005) "Expanding the Frontiers of our Digital Future" Dec 2005

IDC (2008) 10 Tendencias que marcarán al mercado TI de Argentina en el 2008. Disponible en [http://www.idclatin.com/news.asp?ctr=arg&id\\_release=1193](http://www.idclatin.com/news.asp?ctr=arg&id_release=1193)

Kim, H.; Harrington, J. (2006) "Post-Secondary Education: Education, Training and Technology Services" en Harrington, J; Daniels, P. (eds) Knowledge-Based Services, internationalization and Regional Development, ASHGATE, London.  
March, James. 1994. A Primer on Decision Making: How Decisions Happen. New York: Free Press.

Plan Estratégico del Software del Software y Servicios Informáticos – Ministerio de Economía de la Nación – Noviembre 2004

“Propuestas para el Plan de Acción 2008-2011” – CESSI – Septiembre 2007

“Construcción de Políticas de Estado en el Siglo XXI – Software y Servicios Informáticos” – Alberto Briozzo y otros – Octubre 2007

Documentos del Foro de Prospectivas 2020 –SECYT

### **6.1.6. Agradecimientos**

Se agradece el invaluable aporte de CICOMRA, Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina, en la persona de Norberto Capellán, por habernos permitido tener acceso exclusivo al informe sobre la Situación y Perspectivas del Capital Humano TIC en Argentina desarrollado por Prince & Cook que hasta el día de hoy permanece inédito.

Los comentarios y los aportes de los participantes del taller de Capital Humano que tuvo lugar el jueves 06 de marzo en CICOMRA organizados dentro del marco del Foro de Prospectiva de Tecnologías de la Información y de la Comunicación del Proyecto 2020 del Ministerios de Ciencia y Tecnología de la Nación. Entre ellos Pablo Jacovkis de la Universidad de Buenos Aires (UBA), Héctor Monteverde del Instituto Nacional de la Educación Técnica (INET) y Fernando Tascon (Asesor de Provincias en Educación y Tecnología).

292

### **6.1.7. Equipo de trabajo**

Alejandro Artopoulos, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva / Universidad de San Andrés (Coordinador)

Alejandro Fernández, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

Alejandro Prince, Cooke & Prince

Alfredo Pérez, Instituto Nacional de la Educación Técnica (INET), Ministerio de Educación

Cesar Barbaglia, Fundación PROYDESA

Daniel Albano, Instituto Nacional de la Formación Docente, Min. de Educación

Débora Kozák, Instituto Nacional de la Formación Docente, Min. de Educación

Fernando Racca, Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos

Fernando Tascon, Asesor de Estados Nacional y Provinciales en Educación y Tecnología

Gabriel Baum, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

Héctor Monteverde, Instituto Nacional de la Educación Técnica (INET), Ministerio de Educación

Nora Sabelli, Center for Technology in Learning (CTL), Stanford Research Institute (SRI), EEUU

Pablo Jacovkis, Universidad de Buenos Aires (UBA)

## 6.2. Innovación

### *a) Breve descripción del grupo*

En la últimas dos décadas se ha instalado, tanto en el sector público como en el privado, en el gobierno, la academia y las empresas, la convicción de que existe una oportunidad para el desarrollo de una industria de software y servicios informáticos con capacidad de “posicionar a la Argentina como un actor relevante (como país no central) en el mercado mundial” (FSSI 2004) en el corto o mediano plazo.

La intención de posicionar a la Argentina como un actor relevante productor de SSI en el ámbito internacional viene acompañando el objetivo compartido de complejizar la estructura productiva y comercial de la economía local, un proyecto de país inclusivo que permita mejorar las condiciones de vida de sus ciudadanos. Dada la existencia de un mercado global de alto volumen y crecimiento acelerado para la oferta de software y servicios informáticos, este sector se presenta como atractivo, en tanto permite desarrollar valor rápidamente cuando la innovación en los productos de software y la sofisticación en los servicios son tomadas como parámetro principal y se alcanza una escala de distribución significativa. Comparativamente con otras industrias, es posible la creación de negocios de SSI con inversiones razonables con un potencial de retorno alto, lo que hace factible pensar en encontrar mecanismos de financiación privados acordes a las necesidades.

293

No obstante, así como la complejización del perfil comercial del país es relevante para incrementar la competitividad, también lo es la especialización al interior del sector de SSI. Aspirar a un modelo de industria basado exclusivamente en la creación de volumen a través de la prestación de servicios, con márgenes de ganancia bajos e inestables (y dependientes de la política cambiaria), amenaza y limita el crecimiento que de otra manera se puede conseguir. Mientras que la coyuntura actual permite competir en costos, no es ese el modelo que tiene resultados más positivos. Invertiendo en el desarrollo de innovación y calidad, donde el potencial de crecimiento no depende directamente del volumen de población y los bajos costos, es posible lograr resultados empresarios que posicionen a nuestra industria en un lugar de relevancia en el marco global, que provean trabajos más estables, mejor pagos, y con la capacidad de generar un efecto de multiplicación y derrame mayor en el resto de la sociedad, y sinergias positivas para el desarrollo de innovación tecnológica en otras industrias. (Kargerman, 2006). En este sentido, las actividades de interés para este subgrupo se definen por tener en común la capacidad de complejizar de la especialización de la industria local de SSI.

## *b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)*

De acuerdo con López et al (2001) la producción de software es en sí misma una actividad innovativa, dado que se dirige a generar nuevos productos o nuevas formas de ejecutar tareas y funciones ya conocidas. El grado de "originalidad", obviamente, varía con el tipo de software producido y con las tecnologías utilizadas en su desarrollo. En un extremo están las adaptaciones y cambios menores de los productos de software ya existentes. En el otro, están los nuevos productos que abren mercados inexplorados (el lanzamiento de la hoja de cálculo, por ejemplo) o los programas o servicios creados para un cliente individual.

En consecuencia, resulta especialmente dificultoso definir focos tecnológicos vinculados con la Innovación en SSI, en la medida en que se trata de un área transversal a las diferentes áreas de aplicación y al mismo tiempo no resulta obvio definir qué es innovación en SSI. No obstante, existe un acuerdo en la necesidad de impulsar a las actividades innovativas (por ejemplo la Ley del Software y lo planteado en el libro Azul y Blanco de la competitividad apunta en esa dirección) y que agreguen valor (ver 6.2.2), porque en última instancia se busca el desarrollo de una industria local competitiva internacionalmente de SSI. En este sentido, retomamos la definición previa y proponemos considerar como actividades innovativas en SSI a aquellas que conduzcan a una especialización compleja de la industria de SSI.

294 En este esquema proponemos en vez de discutir focos tecnológicos, discutir áreas de acción que apunten al desarrollo de actividades innovativas en SSI.

Dichas áreas se detallan a continuación:

- 1. Crear el ambiente de negocios alrededor de las universidades.** Las empresas startup TIC son las que mejor reúnen las características motrices para la innovación tecnológica: la identificación de nuevos mercados y tecnologías novedosas, flexibilidad estructural, capacidad de integración de talento, predisposición al riesgo y vocación de superación. Estas empresas generalmente nacen cerca de ámbitos universitarios para lo cual es necesario crear el ambiente propicio e institucionalizado.
- 2. Fomentar la investigación aplicada cambiando los sistemas de evaluación de los investigadores.** Si bien el buen paper conduce a la transferencia, es cierto para los países centrales y no se trata de una regla general para países periféricos. En Argentina hay muchos investigadores, que teniendo posibilidades de investigar temas relevantes para el desarrollo local, lo descartan porque no son temas de moda en la journals internacionales. Hay temas relevantes para la Argentina que no son relevantes en países centrales, por lo tanto hipotéticamente podemos tener excelentes investigadores que producen papers con aplicabilidad que no pueden publicarlos en revistas internacionales porque su tema no es "relevante".

3. **Financiación de la innovación.** Este tema es importante no sólo para promocionar los startups sino también para hacer crecer la comunidad innovadora. Las empresas que practiquen seria y sistemáticamente I+D, posiblemente serán enajenadas y compradas por fondos de inversión o multinacionales. La creación de fondos locales permite garantizar el crecimiento y la preservación de la población de empresas locales basadas en el conocimiento.
4. **Derechos de propiedad intelectual,** resguardo legal de la actividad innovadora. Un hecho fundamental de la economía del conocimiento es la posibilidad que tienen los autores e inventores de poder apropiarse de los frutos de sus innovaciones sin importar del capital que dispongan.
5. **Educación hacia la innovación y el emprendedorismo.** Este último es necesario porque las nuevas empresas que hagan I+D moderno nacen de estudiantes de segundo año no de profesores o de investigadores. Hoy son muy pocos los estudiantes de carreras IT a quienes se les enseña y motiva a ser emprendedores.
6. **Apoyo a la internacionalización de empresas.** Porque las empresas que hacen I+D de avanzada o son multinacionales o son pymes globales. El mercado es el mundo para los productos y servicios competitivos. Es necesario que nuestros empresarios vayan más allá del Río Grande, Miami o los Pirineos.

### *c) Mercado Local vs. Mercado global*

Si bien el mercado interno puede en algunos casos servir para disparar e incubar proyectos tecnológicos innovadores, el verdadero potencial de crear una diferencia está en un proyecto con una visión exportadora y en la conquista de mercados internacionales. No sólo la pequeña escala del mercado interno, sino la madurez tecnológica y el ritmo de adopción de nuevas tecnologías, nos permiten pensar que podemos convertirnos en un “actor relevante” de otra manera (Kargierman, 2006).

No obstante, no pueden perderse de vista aquellos sectores del aparato productivo de alto dinamismo local y que operan en la frontera tecnológica internacional. En estos casos la capacidad de generar una demanda compleja de productos y servicios informáticos es elevada y en este sentido pueden constituir una plataforma de aprendizaje muy importante para que las empresas locales construyan las capacidades necesarias para luego consolidar una posición exportadora (ver 4.2, AgroTIC).

### *d) Capacidades locales actuales*

La Argentina ha demostrado desde el inicio de la era de la información capacidades de innovación que se plasmaron en diversos emprendimientos que en

general estuvieron destinados al mercado interno. Casos como el de CIFRA o de otras empresas de electrónica y de software que pudieron abastecer las crecientes necesidades de la industria local son prueba de ello.

A partir de los años 1990 la apertura económica puso a la industria TIC frente a un nuevo desafío. De este momento de tensión surgieron startups como Intersoft, Core Security, Fuego, Bioscience, Exemys, Globant, Grupo ASSA y otros que han demostrado que es posible desarrollar una industria del conocimiento basada en la innovación en producto, en servicio y en procesos.

Sin embargo cuando hablamos de innovación no está claro el perfil de especialización que la Argentina puede desarrollar en el mediano y largo plazo en forma sostenible. Para elaborar estas inquietudes se abrió un capítulo especial redactado por Carlos Pallotti denominado Estrategia Innovación: Value Shore – Value Soft (ver 6.2.2.)

#### *e) Actores clave*

- Academia (universidades públicas y privadas, institutos de investigación, etc).
- Gobierno (MCyT, Economía, Trabajo, etc. CONICET, CNEA, etc.)
- Organismos locales públicos y privados de promoción a la innovación tecnológica en el sector (p.ej, Fonsoft, Fundación Sadosky)
- Organismos locales públicos y privados de promoción a las exportaciones y la internacionalización de empresas (p.ej, Exportar, Prosperar)
- Industria (Nacional: Techint, etc. Global: Cisco, etc.),
- Incubadoras, etc. – Gobiernos provinciales y locales, etc.
- Fondos de capital de riesgo.
- Empresas innovadoras: Startups (Core Security, Fuego, Bioscience, etc.)

#### *f) Socios locales e internacionales*

Diáspora de científicos y tecnólogos en el exterior

Empresas locales en el extranjero con capacidad de atraer capital a la región

Empresas multinacionales con inversiones de I+D local

## Objetivos en el corto/mediano plazo

Objetivos del Foco capacidades emprendedoras:

1. fomentar el nacimiento de empresas basadas en la innovación;
2. establecer un mecanismo de observación continua, selección, clasificación y seguimiento de emprendimientos en función de su potencial de generación de valor;
3. crear las estructuras y disponer los recursos necesarios para acompañar a las empresas en todas las etapas de su evolución;
4. fomentar la inversión, tanto pública como privada, en la investigación de ciencia y tecnología. (Kargierman, 2006; Plan estratégico 2004-2014)

Objetivo del foco Financiamiento a la innovación:

1. Mercado de Capitales: promover, impulsar, estimular y crear la financiación con capital de riesgo y de capitalización de empresas con base tecnológica.
2. Fondos para I+D y Fomento: priorizar los proyectos de TI, priorizar los fondos en función de la aplicación de las áreas estratégicas, impulsar proyectos asociativos y ampliar los montos de los Programas e Instrumentos existentes como el FONTAR, FONSOFT, SePYME y otros.
3. Mejorar el acceso a capitales de riesgo en el caso de las firmas de menor tamaño.

### *g) Objetivos en el largo plazo*

La construcción de una industria del conocimiento con una alta calidad de innovación tecnológica y orientada a maximizar el potencial de generación de valor en el país a partir de la conquista de mercados internacionales.

La meta es alcanzar un volumen de nuevos emprendimientos que produzca un dinamismo de recambio –natalidad/mortalidad de empresas– que posibilite una evolución del sector.

### *h) Factibilidad de alcanzar los objetivos*

Aquí se trata de evaluar las formas de dosificar las medidas propuestas en los puntos 9 y 10 dentro del marco de tres escenarios imaginados:

Los tres escenarios propuestos para la reflexión deberán ser supuestos para evaluar la factibilidad de alcanzar objetivos más importantes y priorizarlos de acuerdo a los escenarios considerados.

El escenario optimista ya fue construido en el foro. Es el resultado del debate realizado en el encuentro a partir de las tres preguntas del primer ejercicio de prospectiva. Consistió en solicitarle al foro el desarrollo de un escenario de éxito:

“Argentina, 2020: El Plan Estratégico 2004-2014 del sector SSI ha sido un gran éxito. Tal como es conocido, la Argentina es un actor relevante entre los países

no centrales en el mercado mundial de SSI” y ordenar las opiniones mediante tres preguntas para contestar, 1. ¿Qué significa esa afirmación?, 2. ¿Cuál era la situación en 2014?, y 3. ¿Qué se hizo a partir de 2007 para que ocurra?

El resultado del debate de dicho escenario se encuentra en [http://swiki-lifia.lifia.info.unlp.edu.ar/prospectiva/uploads/2/Resumen\\_de\\_opiniones\\_sobre\\_las\\_3\\_preguntas\\_5-11-07.doc](http://swiki-lifia.lifia.info.unlp.edu.ar/prospectiva/uploads/2/Resumen_de_opiniones_sobre_las_3_preguntas_5-11-07.doc)

- El resumen del escenario optimista: se generan nichos de especialización en donde la Argentina compite en base a capacidades productivas y de innovación específicas y reconocidas, puede generar marcas con reconocimiento global en la industria TIC, la IED sube y genera derrames de reputación que permiten a las firmas locales exportar, mejora no sólo la cantidad sino el nivel de los RRHH, etc.

Además del escenario presentado allí se propone trabajar con dos escenarios más:

- El escenario pesimista es una situación de deadend en el que Argentina sale del mapa, suben los costos y no logramos como país, armar nada que no dependa de costos para competir;
- El “medio” es una situación intermedia en la que todo sigue más o menos como hasta ahora, hay exportaciones de SSI pero de bajo-medio valor agregado, sin un crecimiento espectacular en volumen que tiende a amesetarse, y un nivel de complejidad bajo, los costos suben pero no mucho –previsto que aumenta el nivel de RRHH disponibles para la industria– y la Argentina consigue mantener alguna cuota del mercado mundial pero no muy destacable.

298

### *Medidas concretas para alcanzar los objetivos*

Tenemos como punto de partida las medidas propuestas en el plan estratégico (Libro Azul y Blanco) y por el plan de acción 2008-2011 de la Cessi.

#### **Vinculadas con el foco creación de empresas:**

Las Redes de Innovación, Emprendedorismo y Productividad (RIEP) apuntan a resolver uno de los “nudos críticos” encontrados en los numerosos estudios realizados sobre la situación del sector SSI y TIC en general; a saber, las notables dificultades para la interacción e integración de empresarios, sector educativo y científico y sector público en un proyecto común de desarrollo de un sector tecnológico basado en actividades intensivas en conocimiento. Esta situación ha sido identificada como una de las principales trabas objetivas para el crecimiento. (Plan estratégico 2004-2014)

#### **Vinculadas con el foco de financiamiento:**

Grupo dedicado a la atracción de financiamiento externo: Constitución de un

equipo de trabajo para promover, identificar y atraer inversiones externas directas y alianzas estratégicas, promoviendo la interacción con académicos y tecnólogos argentinos de la diáspora, vinculados tanto a la academia como a empresas multinacional. (Plan de acción de 2008-2011)

### **Capital de Riesgo:**

Creación de un fondo de Capital de Riesgo que impulse este mecanismo. Sanción de la ley de capitales de riesgo para actividades de base tecnológica (Plan de acción 2008-2011). Instrumentar medidas para el acceso al capital de riesgo por parte de las empresas de menor tamaño relativo, por ejemplo a partir de ANR que adicionen el aporte de capital que realicen empresas locales de capital de riesgo.

#### *i) Ingeniería social*

El objetivo es comprender las problemáticas, las trabas que impiden avanzar y proponer políticas y estrategias para lograrlo. Es claro que avanzar cualquiera de estos temas requieren de una fuerte y prolongada acción conjunta del estado, las empresas y la academia, aunque por cierto de la sociedad en su conjunto. ¿Como debería gestarse una estrategia a largo plazo que comprometa a los actores relevantes de esta problemática y produzca los cambios necesarios en los tiempo requeridos?

Por último, la tecnología novedosa y los productos innovadores no surgen de la nada ni son, sobre todo, la labor de mentes inspiradas: sólo de mentes preparadas. Son fruto de la conjunción de un entendimiento de las necesidades de los futuros usuarios filtrado por una concepción profunda de las posibilidades inexploradas de lo real. Sólo la búsqueda genuina del conocimiento y el reconocimiento de su función transformadora preparan para esa tarea, y sólo se puede garantizar esta preparación invirtiendo fuertemente en el desarrollo de un sistema educativo, de un sistema científico relevante, y sus superficies de contacto con la realidad. Sólo es posible aumentar sustancialmente la cantidad de nuevos emprendimientos innovadores de tecnología de calidad, a mediano plazo, tomando el compromiso de formar a las nuevas generaciones de científicos y empresarios para entender las necesidades y las posibilidades de una industria del conocimiento. En esto, nuevamente el rol del estado es clave: aumentando la inversión en ciencia y tecnología, reformando los planes educativos en las universidades públicas, reconstruyendo la formación técnica terciaria y secundaria, generando espacios de consenso y discusión público-privados, adoptando políticas claras de regionalización de capacidades a nivel nacional, etc. (Kargieman, 2006).

## 6.2.2. Estrategia Innovación: Value Shore – Value Soft<sup>53</sup>

### a) Estado de la Situación en General

Para poder hacer un análisis objetivo de las posibilidades de crecimiento que la industria Argentina en materia de Software y Servicios Informáticos (SSI), mirando el horizonte de una proyección al 2020, es primordial describir algunas consideraciones relacionadas con la situación existente:

- La industria TIC, en especial el SSI, viene creciendo en el mundo fuertemente y todos los analistas pronostican que continuará con esta tendencia.
- Existe en todos los países una importante demanda a la hora de encontrar los “talentos” que permitan mantener este ritmo de crecimiento. Países que han sido generadores de servicios off-shore como la India, comienzan a ver un colapso en su crecimiento, y creciente puja salarial. Países como China, aún no han podido superar el gran escollo de la barrera idiomática. Por lo tanto, aquellos países que tengan la mejor preparación de sus estudiantes y un flujo continuado de ellos, serán receptores de las mejores oportunidades. Argentina, aunque recién está saliendo de una aguda crisis económica, y que por otro lado, fruto de algunas erradas decisiones del pasado cercano en materia educativa ve resentida la calidad académica de sus estudiantes, sigue todavía liderando los indicadores en este sentido de los países de América Latina. A poco que recupere algunos instrumentos aptos en materia educativa, debería estar llamada a jugar un rol destacado en los próximos años.
- La industria SSI viene mostrando ser una de las áreas de la economía más dinámicas y con mayor crecimiento. La tasa de crecimiento cercana al 20% anual de los últimos años, parece que podría ser mantenida por unos años para luego acomodarse en las tasas de crecimiento regionales, en tanto y en cuanto haya solución para algunos de los temas que podrían frenar este crecimiento. Una industria SSI consolidada y sustentable, ya ha demostrado que es un buen negocio para el país por el efecto que tiene sobre la generación de valor, el empleo de calidad y la competitividad sistémica.
- Sigue siendo muy importante definir áreas estratégicas para el desarrollo de Argentina en materia de SSI. De alguna manera, esto ha sido un pendiente en los últimos años, y se entiende que no es posible demorar estas definiciones. Esto obliga a analizar los posibles caminos de acción y optar por los que sean rentables, competitivos, y sustentables, con la estructura humana, geográfica y tecnológica existente. Se han llegado a

detectar algunas de estas áreas, tanto en el grupo de prospectivas (GP), como en los debates llevados a cabo para la determinación del documento denominado "Propuestas para un Plan de Acción 2008-2011" elaborados por empresarios del sector liderados por CESSI, la cámara del sector, junto con importantes analistas y luego de repasar la situación de las cadenas productivas de nuestro país. Impulsar o no estos sectores podrían afectar al crecimiento.

- Continúan las restricciones al acceso al crédito extendido que se necesita para sostener el crecimiento del sector. Si bien han sido generados nuevos instrumentos y algunos resultaron exitosos, es aún muy reducida la oferta y el uso del crédito, la capitalización u otros esquemas de financiamiento como forma de apalancar el crecimiento sectorial.
- El sistema educativo, que ha mostrado en algunas áreas la voluntad de adaptarse a las necesidades corrientes, se encuentra hoy ante una fuerte demanda sin saber cómo articular algunas acciones que puedan dar soluciones a las mismas. Parecería que la matrícula de nuevos estudiantes en carreras afines, es un grave inconveniente y son aún muy incipientes los esfuerzos realizados para cambiar esta situación. El hecho que las políticas educativas se encuentren distribuidas en varios actores, hace que la posibilidad de revertir algunas tendencias, dependan de los esfuerzos mancomunados a nivel nacional, provincial y de cada establecimiento. Entendemos que razonablemente la oferta tenderá a cubrir esta demanda, aunque está en duda la velocidad en que se producirá esto. Sin embargo un país que tiene menos del 0,3% de su población económicamente activa trabajando en este sector, y sólo el 4% de sus estudiantes universitarios en carreras afines, parece como que aún tiene mucho espacio para su desarrollo y no debería ser el factor humano, en términos razonables, el que afecte el crecimiento futuro. De todas maneras estamos previendo para los próximos años un crecimiento más moderado en la tasa de empleo, fruto de analizar la realidad y el potencial de capacitación de estos recursos.
- El movimiento relativo a la demanda de recursos humanos capacitados, tenderá directa o indirectamente a influenciar en la búsqueda del valor agregado, aumentando la productividad de la mano de obra.

Considerando estos puntos anteriores, es posible ensayar el estudio de los posibles escenarios de crecimiento, tarea en la cual ha estado involucrado buena parte de la "inteligencia" argentina en el sector, y que está quedando plasmado en debates como los del Foro del Grupo de Prospectivas (GP), entre otros puntos de encuentros.

b) Fortalezas y debilidades de la industria (y modelo) Argentino

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura Física</li> <li>• Nivel educativo de la población</li> <li>• Costos competitivos</li> <li>• Actitud abierta a negocios en el mundo</li> <li>• Entidades empresariales sólidas</li> <li>• Políticas Públicas específicas</li> <li>• Interés en la clusterización</li> <li>• Asociativismo empresario en aumento</li> <li>• Fuerte participación en el negocio de Internet de habla hispana</li> <li>• Importante crecimiento en el número de empresas certificadas en calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado global de TI creciente y con proyecciones positivas</li> <li>• Visión de Argentina como un país productor calificado</li> <li>• Mayor competitividad y crecimiento en segmentos específicos de la Economía</li> <li>• Mayor receptividad por parte de los actores del poder político y económico en desarrollar la industria</li> <li>• Debilidades de algunos proveedores:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Países Centrales: Costos y falta de talentos</li> <li>• India: Problemas de infraestructura, costos crecientes y diferencias culturales</li> <li>• China: Idiomas y diferencias culturales</li> <li>• Brasil: Falta de actitud exportadora/Idiomas</li> <li>• México: Fuerte presencia americana/RRHH</li> <li>• España: Socio natural de Argentina y creciendo</li> </ul> </li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocas empresas del sector SSI con proyección regional y/global</li> <li>• La marca país todavía no nos identifica</li> <li>• El consumo interno de SSI no ha sido capaz de generar una masa crítica</li> <li>• Escasa vinculación con las cadenas productivas</li> <li>• Bajo nivel de uso de I+D en los productos</li> <li>• Poca articulación con el sistema científico</li> <li>• Mínimo trabajo en articulación con el estado para usar su poder de compra</li> <li>• Ausencia de un mercado de capitales aplicable</li> <li>• Sistema financiero no proclive a estos emprendimientos</li> <li>• Limitaciones al crecimiento ligadas a la fase de capacitación de RRHH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribución mundial del trabajo, podrá crear un caldo de cultivo para que los talentos sean absorbidos a actividades de bajo valor agregado</li> <li>• Diferencia entre la tasa de crecimiento de RRHH y los requerimientos de la Industria</li> <li>• Desaliento al empuje exportador</li> <li>• Readequación de las estructuras empresarias a los nuevos escenarios de crecimiento</li> </ul>

302

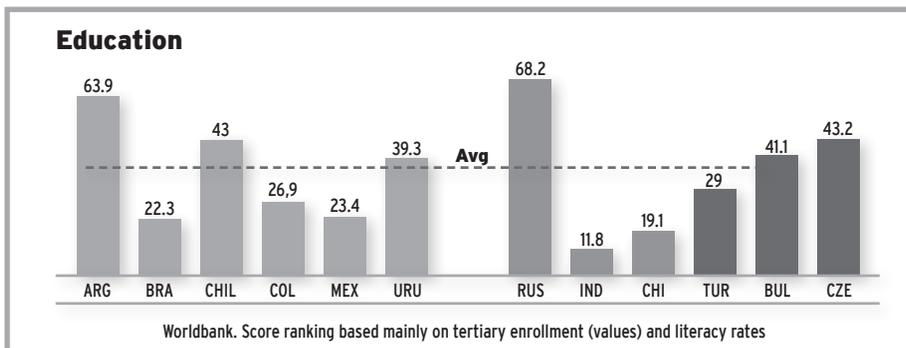
En el documento mencionado sobre un plan de acción 2008-2011 (“Propuestas para el...”), se presenta un cuadro de FODA, tal como el que puede observarse en la Figura previa.

Expreso hemos marcado algunos ítems que son a nuestro entender los que luego dan sustento a la necesidad de trabajar sobre los conceptos de ValueShore-Valuesoft (VS), objeto de este trabajo.

Allí podemos ver que parte de las fortalezas radican en la existencia de un nivel educativo aún interesante relativo a los países emergentes y el interés en la búsqueda de la asociatividad o clusterización de la oferta argentina.

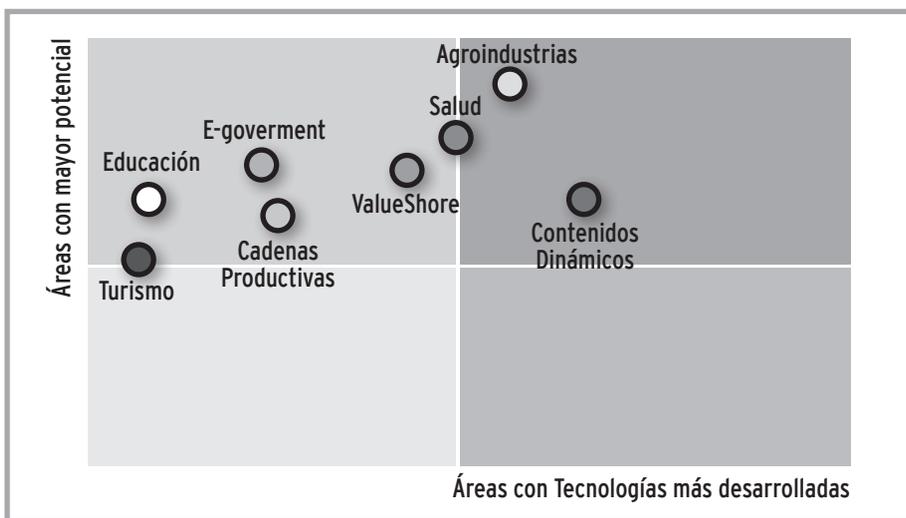
También es posible destacar que es una oportunidad que Argentina pueda ser visto como un país productor calificado, es decir con algunos aspectos distintivos con sus posibles competidores.

Pero es una fuerte debilidad no tener aún implantada una marca argentina, que nos identifique como país “tecnológico”, así también como una limitada posibilidad de crecimiento en el volumen de nuestros recursos humanos. Esto se refuerza cuando analizamos las amenazas porque la existencia de una puja entre la demanda del crecimiento y la preparación de los recursos humanos que lo permitan, puede derivar en la esterilización de algunas iniciativas.



En suma, si Argentina debe encarar un proyecto de crecimiento, lo debe hacer teniendo en cuenta su capacidad de generar buenos recursos humanos, pero limitados en su cantidad. Ergo, es necesario trabajar por la calidad del crecimiento (medido como mayor productividad de su mano de obra), más que en la cantidad.

c) *Áreas estratégicas o prioritarias*



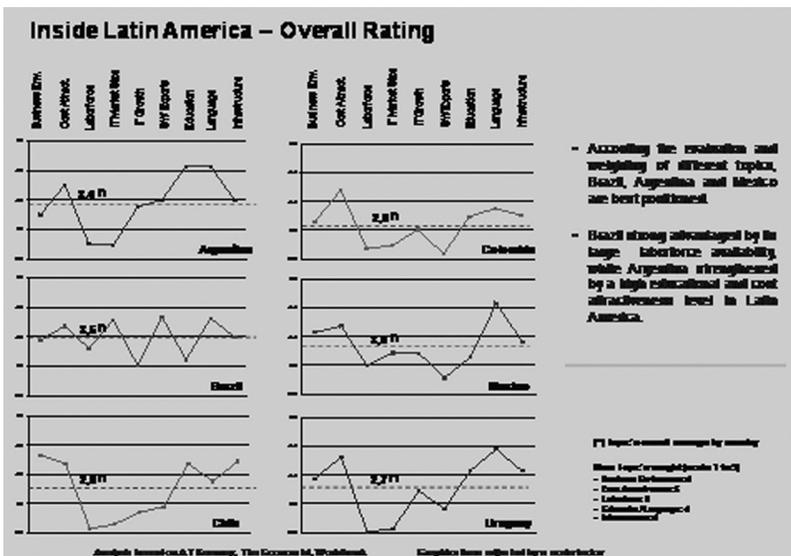
El documento mencionado, muestra un interesante gráfico que permite observar cuales áreas podrían tener mejores posibilidades de ser priorizadas, en función de un análisis bidimensional. Por un lado la potencialidad económica (y sustentabilidad) del sector o tema económicamente hablando (de manera vertical); y por el otro, el grado de madurez existente en empresas de origen nacional, o internacionales radicadas para producir localmente.

Obviamente las conclusiones a las que llega este gráfico, y los sectores que se definen como prioritarios, pueden ser aún objeto de debate, dado que incluye o excluye áreas que podrían verse beneficiadas o perjudicadas, con la consiguiente puja que eso puede significar. Adicionalmente, hay voces que entienden que otros deberían ser los sectores. Y aún la misma naturaleza cambiante de los mercados ligados a la industria de base tecnológica, hacen que estos sectores o nichos, no deban ser considerados de manera estática, sino dinámica adecuándose a las circunstancias con alguna frecuencia lógica que permita el planeamiento estratégico.

Como puede verse, a la par de una serie de áreas claramente definidas (Salud por ejemplo), una de las áreas identificadas es el Valueshore (VS), concepto del cual pretendemos ampliar su contenido en el resto del documento. Podríamos decir "prima facie" que tendremos áreas de VALUESOFT y de VALUESHORE, no necesariamente antagónicas, si no en muchos casos complementarias.

304 Pero debemos dejar expresa mención que lo que mencionaremos sobre VS, no significa que no existan otras áreas donde Argentina pueda y deba desarrollarse. Sólo que el objeto de este documento radica en el análisis de este tema en particular y es por eso de lo específico del mismo.

*d) Análisis de Argentina de cara a la competitividad mundial*



Como ya hemos visto existe una situación mundial que permite ser optimistas en cuanto a la capacidad de crecimiento. Pero este crecimiento debe ser ajustado a lo que nuestro país puede hacer, tanto por su conformación cultural, estructura económica y maduración de su industria.

Indicadores realizados por fuentes internacionales (ver gráfico anterior), identifican a la Argentina con claras ventajas sobre otros países regionales, especialmente cuando se ponderan valores relacionados con su recurso humano y capacidad "industrial".

Sin embargo, no son los países regionales nuestros competidores, sino el resto del mundo. Por lo que es necesario hacer un análisis global del tema.

En el mundo hay tres ejemplos claros de liderazgo dentro de los países de ingreso tardío al mercado de las Tecnologías de Información: India, Irlanda e Israel; aunque existen otros casos que también podrían ser fruto de análisis comparativos.

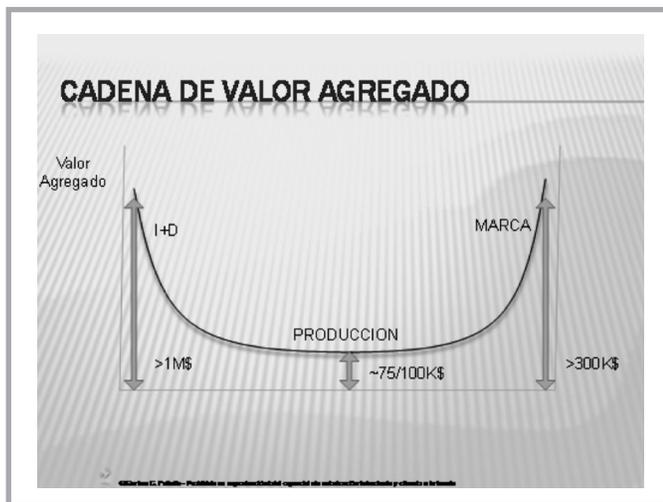
Sabemos que en la Argentina la industria SSI cuenta con una fuerza laboral actual de aproximadamente 46.000 personas distribuidas en unas 1000 empresas, proyectando para fines de 2011 tener entre 65.000 y 70.000 personas corrientemente trabajando.

Si consideramos que países como India, que tienen una capacidad de producción de recursos humanos calificados al menos treinta veces superior a la Argentina, y que la demanda de los mercados mundiales requiere volúmenes a los cuales Argentina nunca podrá aspirar en suplir, dado el tamaño de nuestra población, podremos inferir que no es por volumen por donde podrá producirse el gran crecimiento. En efecto, hoy día menos del 0,3% de la PEA (Población Económicamente Activa) trabaja en la Industria SSI, y un poco más del 2% en toda la industria de base tecnológica (incluyendo actividades como comunicaciones, call centers, etc.). Además menos del 5% de los estudiantes universitarios cursan carreras afines, por lo que es esperable un crecimiento en cantidad de personas preparadas, pero acotada a las limitaciones mencionadas.

A esto se le suma un par de factores que no son menores a la hora del análisis profundo. Primeramente nuestro país no es a escala internacional, macro-económicamente barato. Nuestros profesionales y técnicos tienen el mismo nivel de requerimiento de calidad de vida que sus pares Europeos o Americanos, con lo cual, las diferencias cambiarias o factores ajenos al sector, pueden hacer coyunturalmente competitiva la oferta, pero son condiciones que no podrían sustentarse permanentemente, y cualquiera podría corroborarlo, mirando que hasta el 2001, éramos uno de los países más caros para el desarrollo (sin embargo, y en parte es uno de los argumentos que sustentaremos en este documento, empresas como Motorola Corporation, decidieron instalar centros de desarrollo en nuestro país, aún con la existencia de la convertibilidad). El segundo aspecto, lo considero aún más relevante. El perfil medio del profesional o técnico argentino, responde a un criterio innovador y creativo mucho más que sistémico (es decir sigue instrucciones preestablecidas para producir algo). Es posible que esto se deba a la influencia de la inmigración

Europea en nuestro país, u a otras razones, pero lo cierto es que somos poco afectos a emplear procedimientos preestablecidos o reglas fijas de desarrollos de productos o procesos. Por el contrario, presentamos una gran creatividad a la hora de plantearnos desafíos y eso se traduce en el hecho que los diseñadores, arquitectos o programadores, tienden a ofrecer o incluir nuevas y mejores prestaciones a los productos, cuando estos son demandados con una especificación. Por lo tanto, es ir en contra de la naturaleza cultural del perfil promedio de nuestras personas, intentar encarar un negocio masivo, cuando presenta una faceta creativa. En suma, más que realizar prendas de vestir masivas y económicas, parece más atractivo dedicarse a sectores "boutique" donde se puedan expresar creativamente.

Pero para analizar estas posibilidades, es menester entender la cadena de valor de la industria SSI.



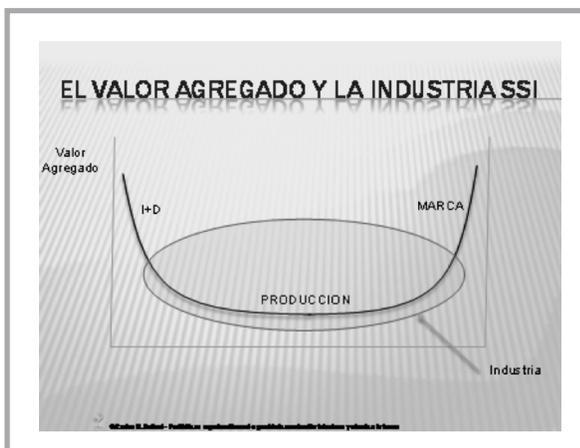
306

El gráfico intenta ilustrar la forma de esta cadena y como incide cada parte en la generación de valor (o valor agregado si lo miramos en función del país). Sobre la izquierda, se ubican las actividades (o empresas) que están más cerca de la Investigación y el Desarrollo, y que naturalmente producen una agregadura de valor a la economía muy grande. Si lo miramos mundialmente, veremos allí, empresas como Microsoft, Google, Intel, IBM y muchas otras. Sólo a modo ilustrativo, el gráfico incluye valores estimados en pesos argentinos de lo que sería la productividad anual de la mano de obra en ella en términos mundiales (medido como total de ingresos anuales vs. total de personal para lograrlos).

A medida que avanzamos hacia la derecha, encontramos sectores donde el valor agregado baja. Estos están ligados a diferentes actividades, tales como el desarrollo de aplicaciones derivadas de otras tecnologías, producción de software a demanda, codificación, testing, servicios de atención al cliente, etc., sólo por citar algunos casos. Estos son los sectores donde la demanda es mayor en cuanto al uso recurso humano. Para un mejor entendimiento, consideremos la cadena

de valor textil como un ejemplo. No son tantos los profesionales o técnicos destinados a la búsqueda de nuevos hilados, texturas o diseños. Pero si lo es en la producción de las telas, confección de las prendas y su distribución.

Finalmente existe un crecimiento en la agregaduría de valor, al momento de generar marcas o habilidades particulares (skills) que hacen un diferencial en la oferta (empresas ubicadas sobre la derecha). Esto explica porqué una empresa adquiere servicios provenientes de una compañía y no otra similares, aunque los de la primera sean más onerosos, y es por el sencillo hecho que entiende que tienen un conocimiento mayor de la materia o una reputación en el mercado que las hace más confiables.

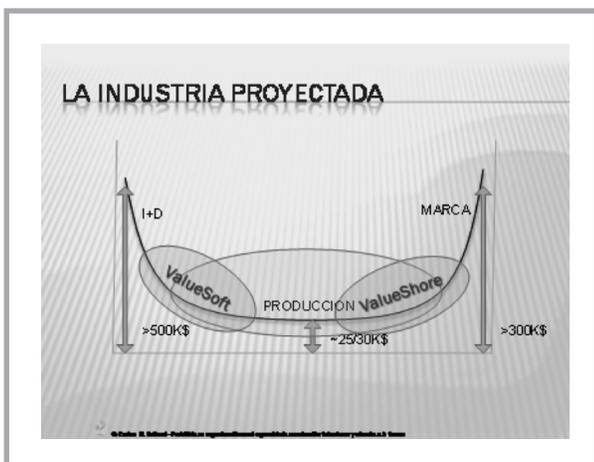


307

Sobre el mismo gráfico, mostramos aproximadamente dónde se encuentra la industria argentina actualmente. Tenemos empresas que están desarrollando aplicaciones con mayor o menor grado de complejidad y contenido de I+D sin llegar a productos de la máxima escala que se ubican más hacia la izquierda del gráfico. También hay empresas que proveen servicios informáticos de valor agregado, ya sea por haber generado una marca empresarial, o por tener un conocimiento de las “reglas del negocio” de algunos nichos específicos, que les permiten tener ofertas diferenciadoras de sus competidores (sobre el margen derecho).

Sin embargo, hay un gran núcleo concentrado en la franja media de la producción y constituyen empresas que prestan servicios ligados o no a productos propios, donde gran parte de sus ingresos están basados en las prestaciones de horas hombre (en diversas modalidades). Muchas de estas empresas han demostrado ser buenas para manejar este tipo de negocios, pero obviamente su competencia es mundial y los precios commoditizados.

Y es allí donde se explica el concepto de VALUE SHORE.



India es reconocida por su capacidad para ser el gran proveedor de servicios OFF SHORE (y no sólo de desarrollo de software, sino de otro tipo de servicios relacionados). Países del este Europeo están tratando de pelear franjas de este mercado y también muchas otras regiones, entre ellas países latinoamericanos.

308

Blanca Treviño, presidenta de SOFTEK, una exitosa empresa Mexicana patentó el nombre del NEARSHORE como forma de diferenciarse de la oferta de esos países diciendo “yo puedo hacer lo mismo, pero más cerca, en el mismo huso horario y a no más de cuatro horas de avión”.

Por lo visto anteriormente, Argentina no puede competir abiertamente en el off-shore (al menos no con chances de ser un player relevante), ni puede decir que está cerca de los mercados centrales (al menos geográficamente). Sin embargo, puede mostrar sus cualidades reconocidas mundialmente (nivel educativo y cultural), y puede presentarse como proveedor de Offshore con más valor agregado... o VALUESHORE.

¿Pero qué tipo de servicios son los ofrecidos bajo este concepto? Es un amplio espectro que va desde provisión de servicios con contenidos (e-learning por ejemplo), desarrollo de aplicaciones interactivas usando tecnologías web dinámicas (advert-games por ejemplo, sitios web interactivos), aplicaciones específicas que requieran el uso de tecnologías innovativas, la realización de proyectos integrales (donde el costo de la mano de obra no sea el elemento esencial sino que quede embebido en otras ventajas –algo así como contratar al estudio de Cesar Pelli para que diseñe el edificio, no a los obreros para que lo construyan–), o proveer servicios en determinados ambientes o sectores económicos, donde los conocimientos específicos de las empresas haga que la oferta sea diferenciadora del resto. Esto es una muy resumida síntesis dado que son múltiples las áreas de aplicación. A esto le deberíamos llamar VALUESHORE y Argentina, con todo derecho podría arrogarse el mote de “Place of Valueshore”. Algo como decir “si necesita servicios de calidad y con características distintivas, vea a nuestras empresas”.

En el mismo camino, podemos analizar lo que ocurre en el otro extremo con el VALUESOFT. Es posible que esta palabra no sea tan ilustrativa como la anterior, dado que podría llamar a alguna confusión. De hecho muchos podrían argüir hacer "Valuesoft". Pero lo cierto es que pretendemos explicar a través de ella, que Argentina puede ser buena en el desarrollo de productos especializados en determinadas áreas tecnológicas, o económicas. Es decir, productos Boutique para mercados específicos, y de alguna manera sofisticados.

Y este concepto del VS, debería ser tenido en cuenta al momento de analizar el tipo de inversiones y/o fomento al emprendedurismo que Argentina debería proponer. No es impulsando la radicación por mano de obra barata como se lograrán resultados según podemos ver. Por el contrario, sólo podría desalentar la posibilidad de crear una industria local sana y más aún, sustentable. Es por eso que debería resultar interesante proponer inversiones que utilicen a nuestro país para desarrollar servicios o aplicaciones que hagan centro en el valor agregado. Sin dudas beneficiará al eco-sistema sectorial. Por el contrario radicaciones del tipo "mano de obra intensiva" sin agregaduría de valor, sólo haría crecer la actividad, pero difícilmente se desarrolle. Porque convengamos que estos términos no son sinónimos. En suma, gordura sin musculatura, lo cual traería problemas tarde o temprano.

Por supuesto que el crecimiento, ganando valor agregado por el VS, requiere de acciones específicas que permitan que las empresas puedan moverse en este sentido, especialmente aquellas más pequeñas que no tienen la espalda financiera o gerencial, que les permita realizar los cambios cualitativos, mientras mantienen corrientemente sus operaciones, que le permiten pagar sus cuentas diarias.

309

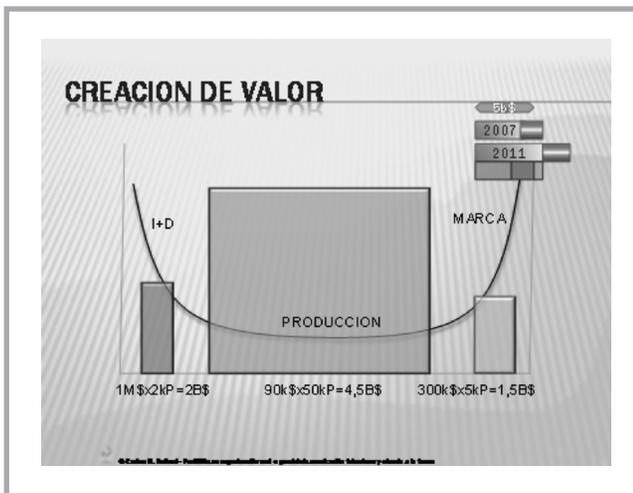
El VALUE SHORE requiere acciones ligadas a la facilitación de acceso al crédito (entre otras) que permitan que las empresas puedan ampliar sus operaciones, internacionalizarse o mejorar sus procesos significativamente. También, la creación de una Marca País, ayudará para que las empresas puedan apoyarse en ella y salir con más posibilidades a ofrecer servicios como los mencionados.

El VALUESFOT también requiere financiamiento especialmente para actividades de I+D, además de sustento para poder hacer el cambio entre sus actividades actuales y las que podrían ser deseables. En este sentido, también es necesario que se provea de mayor capacidad para que los centros de I+D existentes (o a ser creados), puedan aportar inteligencia básica para sus productos. Entidades como la Fundación Sadosky o centros de investigación como los que están siendo planteados en diversas provincias, serían sin dudas pasos concretos y necesarios en este sentido.

#### *e) consideraciones finales*

Finalmente unas palabras ligadas a los resultados esperables.

En el gráfico adjunto intentamos mostrar cuales podrían ser, a grandes rasgos, los valores de ingresos que se podrían obtener en cada caso.



310

Sabemos que no toda la industria podrá moverse hacia modelos de VS como los mencionados, pero que al menos una parte lo haga, dará como resultados netos un incremento en la renta anual de al menos 3.500 millones de pesos anuales. Esto, podría llegar a significar un crecimiento superior al 75% de lo naturalmente alcanzable a la fecha. Con el adicional que el requerimiento humano especializado se limitaría a no más de 7.000 personas dedicadas a estos sectores claves. En suma, aprovechar las ventajas coyunturales con un modelo masivo (acotado a las posibilidades reales del país), pero agregando un importante cuota fruto de una mayor productividad en áreas claves ligadas al VALUESHORE y VALUESOFT como hemos visto.

Para ello deberían implementarse una serie de medidas que ayuden a preservar ese capital intelectual seleccionado, aumentando incluso su nivel educativo y de preparación, pero a su vez, impulsando a las empresas para que puedan dar ese importante salto, al menos en aquellas que están menos preparadas para el mismo.

Finalmente deseo dejar suficientemente aclarado que este estudio sobre VS no pretende afirmar que es la única forma de crecimiento posible para la Argentina, o que las restantes áreas no mencionadas no deberían ser consideradas. Por el contrario, lo más probable es que Argentina deba encarar procesos múltiples, dando asistencia en varios frentes.

La inclusión o exclusión de otros temas, áreas, inconvenientes de la industria y elementos que perturban el crecimiento, no han sido mencionados, solo por lo específico de este documento, pero deben ser considerados en plenitud como lo mencionan varios de los documentos citados.

## 6.3. Diáspora

### a) Descripción del Grupo

La diáspora profesional argentina, entendida como los profesionales argentinos residentes en EEUU, la U.E., América Latina, Israel, Australia y otros, podría ser un recurso crítico en un posible proceso de transformación basado en el creciente valor del conocimiento. Se estiman que hay unos 7000 científicos argentinos residiendo en el exterior.

Se parte de la experiencia de considerar otras diásporas profesionales que han jugado un papel muy importante en los desarrollos económicos, comerciales y de intercambio tecnológico y científico de sus países de origen, tales como India, China o Irlanda.

Para este trabajo, la diáspora equivale a considerar el conocimiento social de los argentinos en el extranjero. Esto permite pensar en una red de alto valor si se articula y se orienta con los sectores que pueden ser ayudados.

El desarrollo de una oferta de profesionales de alta calificación, sin un correspondiente aumento de la demanda, conduce ya sea a: (i) un aumento en la tasa de desempleo y subempleo de recursos humanos de alta calificación y/o (ii) el desarrollo de procesos de “brain drain”, ambos sucesos visibles en Argentina. En consecuencia, el perfil de especialización productiva del país condiciona el tipo de aprovechamiento de los recursos humanos altamente calificados que se forman y el grado de interconexión entre el sistema productivo y el sistema educativo. El “brain gain” consistiría en aprovechar recursos críticos, que serían los profesionales argentinos en el exterior y sus redes, de manera de ir modificando el perfil de especialización del país. El “brain gain” no implica necesariamente el regreso de los profesionales al país, sino la explotación del potencial de la diáspora profesional argentina (desde sus lugares de residencia) para colaborar con profesionales y organizaciones locales con el objetivo de desarrollar actividades de alto valor agregado en el país.

El interés por la diáspora argentina en este contexto radica en los vínculos que existen entre ella y la economía del conocimiento, intentando centrarse en aquellas áreas que presentan mayores promesas para generar ventajas competitivas, y que a su vez registran transformaciones aceleradas, como la informática, la biotecnología, la nanotecnología, la ingeniería de materiales, la industria de alimentos, la instrumentación médica, simulación y modelos de sistemas, y educación basada en la web, entre otros. Como se entiende que la economía del conocimiento no requiere de grandes inversiones a nivel de infraestructura, sino el desarrollo de recursos humanos altamente capacitados, la diáspora profesional argentina aparece como un recurso muy importante para acelerar esta transición.

La existencia de recursos humanos de alto potencial en el exterior puede considerarse un factor positivo que puede contribuir a pensar en una estrategia de cambio significativo del perfil productivo, con un aumento del contenido de conocimiento en los productos y servicios que se elaboran y la incorporación de nuevos sectores de punta en los que la Argentina podría ocupar nichos de mercado.

#### *b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)*

Se parte de la base de una generación de valor a partir del conocimiento (licencias de tecnología, venta de proyectos en el mercado global, formación de nuevas startups en Argentina, etc.), con un posicionamiento general más firme del sector productivo argentino en la industria intensiva del conocimiento. Para ello se debe establecer: una mayor conexión con la demanda global; incentivar a las compañías de base tecnológica; y generar más vínculos entre la universidad y la industria, aspectos que se detallarán más adelante.

Las TIC y la biotecnología deberían ser el foco principal de las políticas públicas en la materia, y secundariamente la nanotecnología.

#### *c) Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años)*

Apoyo para el cambio de perfil productivo del país: aprovechamiento de las ventajas locales para insertarse positivamente en la economía global del conocimiento (alto nivel de los Recursos Humanos, un sistema científico nacional medianamente instalado y funcionando – en términos comparativos con otros países de la región, ventajas competitivas de costos).

#### *d) Mercado local*

- Aprovechamiento de las ventajas locales, escalables al mercado global.
- Analizar cómo se construye riqueza a partir del conocimiento, y las validaciones que éste tiene que tener para llegar al mercado.

#### *e) Mercado global*

La diáspora como puente entre la demanda global y la oferta local ayuda a reorientar la oferta en áreas de mayor valor global.

Las redes de diáspora poseen individuos en posiciones estratégicas en empresas, universidades, grupos inversores.

#### *f) Capacidades locales actuales*

Se buscan modelos en Nueva Zelanda, Irlanda, Escocia, Armenia.

Existen varias redes de argentinos en el mundo que están trabajando sobre estos temas.

CEGA: Centro de Estudiantes y Graduados Argentinos [www.centroargentino.org](http://www.centroargentino.org)  
ANACITEC: Asociación Argentino Norteamericana para el Avance de la Ciencia, la Tecnología y la Cultura  
<http://www.anacitec.net/>  
APARU: Asociación de Profesionales Argentinos en el Reino Unido [www.aparu.org.uk/](http://www.aparu.org.uk/)

ECODAR y LatIPnet como organizaciones que articulan la oferta y la demanda y que actúan como brokers entre las oportunidades de negocios y los argentinos con el conocimiento para hacerlo.

LatIPnet como organización en Argentina que promueve una conexión global. Importancia de la recomendación de estrategias. <http://www.latipnet.org/latipnet.html>

ECODAR: Organización en proceso de institucionalización y de sustentabilidad. Ponerse como plataforma de proyectos. Colaboración de la diáspora para buscar sectores y emprendedores que necesitan de ellos para concretar negocios.

Programa RAICES: es la primera Red de Argentinos Investigadores y Científicos en el Exterior. Conformado en el ámbito de trabajo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (SeCyT) y bajo dependencia de la Dirección de Relaciones Internacionales, su propósito es actuar de nexo entre los investigadores argentinos en el exterior y el sistema de ciencia y tecnología nacional con el objetivo básico de vincularlos y así ir transformando un pasivo en un activo del país: los argentinos que hacen ciencia en el extranjero. Entre sus logros se destacan 400 científicos repatriados; 4000 ya figuran en la base de datos del programa. Financiamiento de 20 Redes para vincular a las capacidades científicas en el exterior con el sistema CyT local.

Fondos de inversión: aún no existe una capacidad en el país para evaluar proyectos de base tecnológica, cómo evaluar una tecnología en una fase temprana.

A pesar de progresos recientes, la distancia entre academia e industria es grande, y es aún mayor en la mayoría de áreas críticas es la falta de conexión con la demanda global.

Identificar y promover casos de éxito generadores de prácticas que acerquen a la frontera tecnológica, en particular en nichos en subsectores de la industria, sobre todo en biotecnología.

Los recursos humanos técnicos de elevado nivel que se generan en el ámbito científico y tecnológico están más vinculados a los productos y servicios que Argentina importa que a los que produce, dando por resultado el desarrollo del proceso de fuga de cerebros (o brain drain), que ha dado un proceso de emigración dirigido principalmente a EEUU y la Unión Europea.

Entonces si bien Argentina compara bien con otros países latinoamericanos en términos del nivel educativo de sus recursos humanos, tiene una eficiencia mala en términos de la utilización de estos activos debido al predominio de un perfil de especialización no intensivo en conocimiento, a la falta de coordinación entre el sistema educativo y el productivo, y a las dificultades para superar las limitaciones del modelo lineal de innovación y poder vincular a ciencia, tecnología y desarrollo productivo y social.

#### *g) Actores clave*

- Academia (universidades públicas y privadas, institutos de investigación, etc). Gobierno (MCyT, Economía, Trabajo, CONICET, CNEA, etc.) Industria (Nacional: Techint, etc. Global: Cisco, etc.), Startups (Core Security, Fuego, Bioscience, etc.), Incubadoras, Gobiernos provinciales y locales.
- Los miembros de la diáspora que tienen influencia en las organizaciones en las que trabajan/con las que se relacionan en el exterior. El paso de los años, la especialización y el afianzamiento con la comunidad científica y profesional de los países receptores hacen que estos profesionales sean fundamentales a la hora de generar los lazos para desarrollar iniciativas y negocios entre la oferta argentina y la demanda de los mercados desarrollados. Se estima que un 70% de los argentinos residentes en el exterior tienen una influencia entre moderada y alta en las organizaciones en las que trabajan.

314

#### *h) Socios locales e internacionales*

Socios activos:

APARU, ANACITEC, ECODAR como redes de profesionales ya existentes en sus respectivos países (EEUU y Reino Unido) y otras redes de la diáspora.

RAICES: retención, promoción de retorno y vinculación con la diáspora científica.

Socios potenciales:

Ministerio de Economía: generar ventajas competitivas e incentivos.

Cancillería: coordinación con las embajadas del exterior. Agente con visibilidad para la diáspora argentina.

INTI, INTA, CNEA, CONICET: organizaciones que fomentan el I+D para vincular la tecnología a la producción.

Empresas argentinas o con algún componente argentino para desarrollar productos con alto contenido tecnológico y promoverlo en distintos mercados.

PYMES y Start-ups: están a la búsqueda de nuevas tecnologías que exportan productos/servicios.

CEPAL: en su foco por el desarrollo tecnológico y económico de América Latina.

### *i) Objetivos en el corto/mediano plazo*

- Invertir en formar expertos en el exterior y repatriarlos nuevamente al país a partir de una política de formación que contemple el retorno al país. Aprovechar las becas de capacitación ofrecidas en el exterior democratizando el acceso local a esas oportunidades.
- Formación de recursos para hacer scouting tecnológico: desarrollar estrategias y talentos capaces de detectar la tecnología y los conocimientos requeridos.
- Promover una identificación clara de los subsectores dentro de la industria de TIC: biomédica, agronegocios, materiales, energía limpia, nanotecnología.
- Hacer un match de competencias entre la oferta en Argentina y la demanda mundial para evaluar la distancia entre ambos, y los puntos más cercanos en los diversos sectores productivos e industrias.
- Aprovechar los viajes relativamente frecuentes de la diáspora científica y tecnológica argentina para relacionarse con las redes de investigación locales. Casi dos tercios de los residentes en el exterior visita el país al menos una vez por año, y las vinculaciones no familiares se producen a partir del intercambio académico o la asistencia a conferencias y cursos. Un proyecto que financie la estadía de uno de estos argentinos de la diáspora durante su visita al país para asistir a una conferencia o a visitar a científicos y a conocer sus proyectos de investigación podría ser una manera natural de aprovechar el impulso que ya existe en esta comunidad para fomentar las interfases con los sectores científicos y tecnológicos locales.
- Desarrollar una visión más clara sobre las patentes y la importancia de patentar en EEUU.
- Creación de una red y una plataforma para contribución de la diáspora: formación de redes de profesionales expatriados e intercambio de información, partiendo de las experiencias existentes (Raíces, Anacitec, APARU, etc).
- Promover casos modelos para estimular los ejemplos exitosos de empresas, centros de investigación, laboratorios argentinos que han desarrollado innovaciones en la ciencia y la tecnología.
- Incluir a la diáspora como recurso crítico, involucrando a las redes de la diáspora profesional en los proyectos nacionales.

### *j) Objetivos en el largo plazo*

- Introducir profundas modificaciones en el sistema productivo e institucional, y en la actual inserción internacional de manera de modo de generar un pull de demanda de conocimientos.

- Introducir cambios en el sistema educativo para generar un push de oferta que tenga derrames en la sociedad, tales como dotar mayor presupuesto a la investigación, cambiar el régimen de incentivos de los investigadores para estimular el desarrollo de patentes y de transferencias al sector productivo, identificación de áreas temáticas claves en las que concentrar la investigación básica y aplicada.

- Desarrollar mecanismos de traducción y creación de diversas formas de intermediación que faciliten la vinculación entre ciencia, tecnología y el modelo de desarrollo elegido.

### *k) Factibilidad de alcanzar los objetivos*

La factibilidad para este punto depende esencialmente de la capacidad del Estado de articular políticas globales y comprensivas del tema, que le permita además a las instituciones (públicas y sociales) ya existentes operar como brokers. Un punto fundamental es la articulación entre oferta y demanda, y proyectos concretos y de largo alcance para que la diáspora científica en TIC argentina se vincule nuevamente con el país.

Bajo un escenario optimista, se encontraría:

- Una política de Estado en el área educativa, científica y tecnológica que promueve iniciativas de largo alcance. Hoy en día todas las políticas de Estado son parciales, abordan un problema específico pero sin poder resolver los temas de fondo. En tal sentido, la creación del nuevo Ministerio Innovación Ciencia y Tecnología es una señal positiva de una visión global del problema.
- Una articulación más robusta entre ciencia, tecnología, innovación y desarrollo de negocios.
- Desarrollar activamente políticas de repatriación en determinados casos, así como la concreción real de convenios del gobierno y agencias públicas con recursos externos.
- Desburocratización de la carrera científica.

Bajo un escenario pesimista nos encontramos con la misma situación que rige hoy.

### *l) ¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área?*

La atracción de la diáspora profesional argentina, en particular aquella vinculada al sector de la ciencia, la tecnología y la innovación es un componente fundamental de varias historias de éxitos nacionales. Países tan dispares como India, Armenia, Israel o Nueva Zelanda muestran experiencias elocuentes del crecimiento de sus economías a partir de productos o servicios de base tecnológica.

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diáspora conectada con Argentina (viajes frecuentes, lazos familiares y contactos extrafamiliares)</li> <li>• Diáspora conectada a prestigiosas redes científicas y productivas internacionales</li> <li>• Varias generaciones de diáspora</li> <li>• Interés por concretar intercambios científicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Institucionalizar vínculos ya existentes.</li> <li>• Rasgos de los profesionales argentinos (creatividad, capacidad para trabajar en sistemas poco estructurados, elevado nivel de calificación)</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistencia de apoyo a la diáspora profesional argentina para ayudar en sus áreas de experiencia</li> <li>• Escaso reconocimiento por parte del Estado y las empresas en la importancia de la diáspora científica y profesional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidades institucionales permanentes. Corrupción</li> <li>• Falta de inversión</li> <li>• Escasa inserción en la economía global</li> <li>• Falta de políticas nacionales de largo plazo en ciencia y tecnología</li> <li>• Falta de visión sobre la demanda del mercado global y de la generación de la cadena de valor</li> </ul>

### *m) Medidas concretas para alcanzar los objetivos*

Oficina de transferencia tecnológica con una base en Silicon Valley para que actúe como una fuerte conexión con la demanda global.

Concentración en ciertas áreas de excelencia basadas en ventajas locales y en demanda global.

- Relevar las áreas de especialización y de “vacancia” que se deberían desarrollar en los próximos años; el grado de desarrollo del know-how y de los recursos humanos en las áreas elegidas; el nivel de la infraestructura de equipos.
- Asistir en la formación de redes de profesionales expatriados (ya fueron mencionadas algunas de las principales redes) y una plataforma de colaboración. Esta es fundamental para desarrollar las transacciones y el intercambio, como la comercialización de tecnologías, inversiones en startups, joint ventures, partnerships, colaboraciones en proyectos de I+D, identificación avanzada de oportunidades de intercambios técnicos y científicos, acceso a talentos y colegas. El sitio debería contar con una base de datos e infraestructura de colaboración para facilitar el intercambio de información y conocimiento. La experiencia de otras comunidades ha demostrado que el acceso a esta comunidad de conocimientos y recursos suele ser un incentivo muy alto que lleva a las diásporas a participar y a construir relaciones más duraderas. Un proyecto de esta naturaleza debe contar con financiamientos públicos para garantizarle continuidad y un efectivo cumplimiento de sus objetivos.

- Realizar eventos puntuales en el exterior para fomentar el networking entre los miembros de la diáspora profesional argentina en el extranjero y para promover la plataforma.
- Desarrollar casos exitosos de Argentina en el sector de las TIC en forma de productos (libros, audiovisuales para mostrar en eventos);
- Involucrar a la Cancillería en la promoción de las iniciativas de la diáspora argentina.
- Desarrollar políticas de promoción de la Propiedad Intelectual para acortar la brecha entre Argentina y el mundo.
- Desarrollar puentes entre el emprendedor y los centros de transferencia tecnológica (principalmente las universidades), en los organismos públicos y en las empresas y pequeños emprendimientos.
- Relevamiento en centros de excelencia en tecnología. Universidades, laboratorios, apuntarles y generarles una visión estratégica local/global.
- Favorecer los clusters espontáneos, como el de emprendedores Internet “Palermo Valley”, Web 2.0 para comunidades, biotecnología, nuevos materiales, energías limpias.
- Mejorar las oficinas de transferencia de tecnología que no están orientadas ni pensadas para brindar servicios a los investigadores. Hay problemas de recursos, de calidad, problemas culturales.
- Desarrollar más incentivos para patentar, que sume más puntos en la carrera de investigador una patente en lugar de un paper para ayudar a resolver el dilema entre publicar y patentar sigue siendo muy fuerte.
- Desarrollar políticas de transferencia de tecnología. La generación de riquezas como una obligación de la ciencia básica. Mayor relacionamiento entre la ciencia básica y la aplicada, sobre todo para la biotecnología más que para las TIC.

#### *n) Ingeniería Social*

- Tener una dirección a largo plazo: identificar y generar de 3 a 5 áreas de excelencia (científica, tecnológica + negocios) en la que Argentina sea campeón mundial (o esté entre los primeros 3 o 4) – como es el caso de Nokia en Finlandia.
- Reconocer el valor de la diáspora profesional argentina para el desarrollo de la sociedad del conocimiento en el país, estimulando los contactos entre estos y las universidades, laboratorios, empresas y centros de

investigación nacionales. También apoyando a las actuales redes existentes, como “Raíces”, dotándolas de presupuesto y de marcos programáticos que le garanticen durabilidad y estabilidad a los equipos, los proyectos y las iniciativas.

- Establecer una política científica a nivel nacional, con formación de equipos a largo plazo, con criterios claramente establecidos y ejecutada en un marco de transparencia que brinde garantías para realizar el trabajo y llevarlo a la práctica.
- Fomentar las investigaciones bilaterales, dotándolas con recursos en un marco de estabilidad, previsibilidad y constancia para no caer en el voluntarismo, la desorganización y la burocracia.
- Generar un estilo de desarrollo menos vulnerable, trabajando en articulación con la ciencia, la tecnología y la innovación. Involucramiento del empresariado para generar un patrón de especialización con mayor peso de los productos y sectores de mayor valor agregado, y que a su vez no requieren inversiones cuantiosas como sí lo es para la infraestructura, por ejemplo.
- Desarrollar talentos y políticas científicas que no sólo tengan como objetivos generar conocimientos sino también riquezas, es decir conectando ciencia y tecnología.
- Sensibilizar a la sociedad, el Estado y las empresas sobre la importancia del conocimiento en el desarrollo de ventajas competitivas.
- Desarrollo de una clara política de desarrollo industrial.
- Convocar a argentinos de la diáspora para que colaboren en el diseño de una política científica que conecte ciencia y tecnología para abrir la posibilidad de un perfil de especialización con fuerte demanda de recursos humanos de alta calificación.
- Articular mejor las políticas y programas. Argentina tiene muy buenos talentos individuales, pero no tiene capacidad de coordinación. La función pública debería favorecer las capacidades de coordinación de los agentes y establecer una misión social basada en los conocimientos.

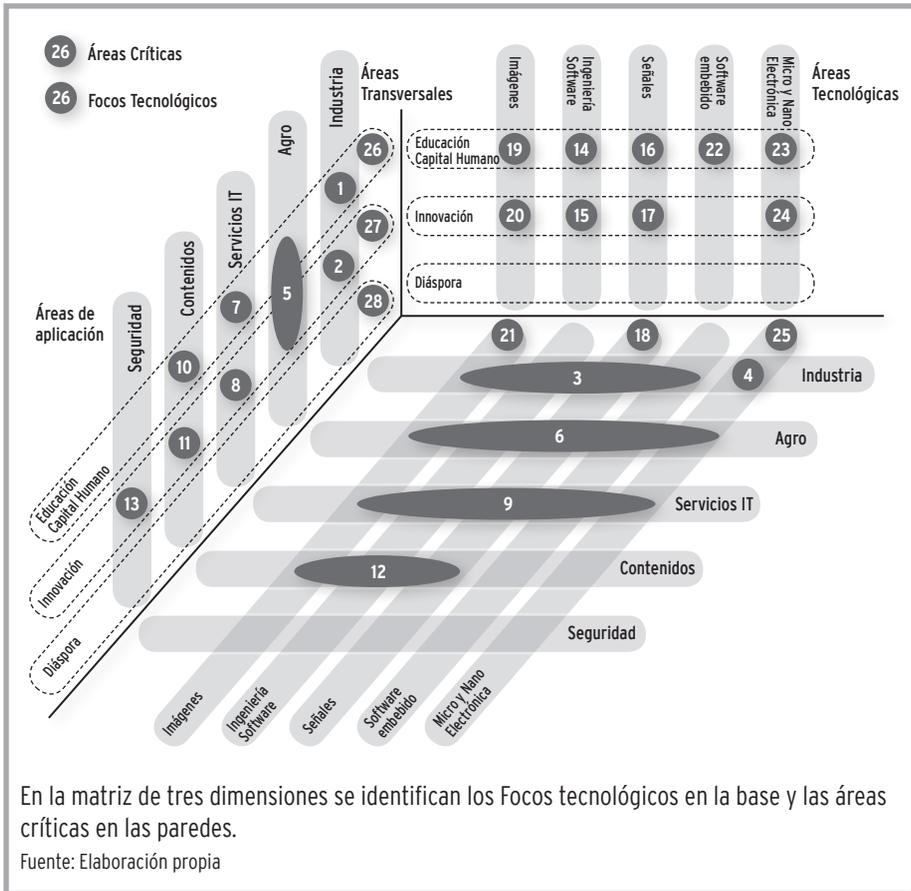


# Capítulo 7

## Recomendaciones de Acción

A continuación se compilan y listan las recomendaciones de acción en dos categorías: los focos tecnológicos y las áreas críticas, ordenadas para cada una de las áreas de aplicación, las áreas tecnológicas y las áreas transversales.

**FIGURA. FOCOS TECNOLÓGICOS Y ÁREAS CRÍTICAS**



### 7.1. TIC en la Industria

#### 7.1.1. Areas críticas

1. Divulgar, en términos técnicos y operativos, las ventajas de la implantación y apropiación de las prácticas derivadas de estos en los

distintos sectores industriales, sobre todo en aquellos sectores donde las capacidades de uso son nulas o escasas. Para ello se puede recurrir a ciclos de divulgación, formación a nivel universitario de grado como orientación de carreras de ingeniería y de postgrado en automatización industrial.

2. Incentivar la inclusión de los temas Mecánica Computacional, Robótica, Optoelectrónica, en las currículas de las carreras de Ingeniería. Incentivar la formación continua de los ingenieros sobre el tema. Incentivar la formación de posgrado en la especialidad, tanto a nivel de la formación de doctores como de estadias posdoctorales en centros de excelencia en el exterior.
3. Es necesario impulsar la formación de empresas integradoras e instaladoras de TIC industriales especializadas en los diferentes nichos y sectores industriales.

### 7.1.2. Focos tecnológicos

4. Asimismo es necesario impulsar la formación y el crecimiento de empresas para el desarrollo de SW vinculado al segmento en estudio. Los mecanismos de implementación de estos dos últimos aspectos de un programa nacional debieran ser la adjudicación de créditos, subsidios, aportes a fondo perdidos y otros apoyos a planes específicos de empresas dedicadas a la integración e instalación de sistemas.
5. En determinados nichos de sistemas, equipos o subsistemas es necesario impulsar la formación de empresas o grupos de diseño, desarrollo de HW, redes y equipamientos. Caben en este aspecto mecanismos similares a los señalados en el apartado anterior y establecer asociaciones con Universidades y Centros Oficiales de I+D.

322

## 7.2. AgroTIC

Se plantean aquí un conjunto específico de medidas de política sectorial, establecidas con el triple criterio de: a) atender a los objetivos planteados en el capítulo 4.2, b) intervenir en las distintas dimensiones que hacen a la problemática de la producción y difusión de AgroTICs, y c) poder jerarquizar acciones con diferentes grados de prioridad según su importancia y el alcance de los objetivos para el corto, mediano o largo plazo.

En ese sentido, aquí debajo aparecen las iniciativas a tomar en cuenta para la promoción de las AgroTICs de acuerdo al criterio de dimensiones generales de importancia dentro de un corto y mediano plazo. Además aparece un apartado sobre proyectos específicos orientado a atacar ciertos temas puntuales de gran relevancia.

Las acciones de mediano y largo plazo deberán ser formuladas con posterioridad, de acuerdo al análisis conjunto de los objetivos de largo plazo y de los de corto y mediano plazo ya cumplidos.

### 7.2.1. Áreas críticas

#### 5. -Desarrollo institucional y técnico:

a) A través de una instancia Ad-Hoc. elaborar un Plan Nacional de Desarrollo de AgroTICs con el objetivo de precisar y profundizar una guía de trabajo para la ejecución de una política de AgroTICs; definir el marco legal, los actores involucrados y el fondeo que tendrá dicha política, así como crear una entidad de referencia, divulgación y coordinación de todas las medidas y problemas que tengan relación con la producción y difusión de AgroTICs.

b) Armar un Congreso Nacional de Agroinformática de corte tecnológico orientado a promover y divulgar las innovaciones locales y externas en materia de AgroTICs. Desarrollar una red de relaciones e instituciones asociadas a este campo de aplicaciones.

c) Armado de un apartado de preguntas específicas para relevar la demanda y la oferta local de AgroTICs, incluyéndolas en las Encuestas Nacionales de Innovación o bien en los relevamientos que realizan las instituciones del sector privado agropecuario y agroindustrial y el INDEC a través del Censo Agropecuario, del Censo Económico y de la Encuesta Industrial (en cuanto a las empresas agroindustriales).

#### -Desarrollo empresario y comercial:

a) Armado de un registro y un estudio de empresas AgroTICs locales y extranjeras, de capacidades tecnológicas y de infraestructura actual de telecomunicaciones y electrónica, a fin de conocer la oferta local. Estudiar la demanda local en sus diferentes segmentos y eslabones de la cadena agroindustrial, incluyendo a proveedores de insumos y herramientas, a las agroindustrias y a la comercialización y logística de materias primas y productos MOA.

b) Llevar adelante acciones para promover masivamente la adopción de TIC en el sector agropecuario y agroindustrial local en función de un

impacto positivo para su competitividad. Para esto es preciso estudiar la dinámica de innovación en las distintas economías productivas y los factores fundamentales que hacen a la difusión.

En la intervención será necesario atacar de distintas formas esta problemática, de acuerdo a los resultados que surjan de un diagnóstico, considerando por un lado acciones vinculadas a la resolución de problemas estructurales que afectan indirectamente a la difusión de AgroTICs, y por otro lado acciones directas como el armado de una feria comercial AgroTICs para promover el comercio y la difusión a nivel local, campañas de sensibilización y de difusión, relevamientos coordinados de información, reuniones de consulta, talleres de trabajo y capacitaciones.

Las acciones a desarrollar poder ser desarrolladas en forma descentralizada a partir de las diferentes instituciones ya existentes que ya tienen incumbencia desde distintos ángulos en esta cuestión, pero coordinadas por la entidad de referencia mencionada más arriba;

c) Desarrollo de estudios sobre el mercado internacional para definir segmentos factibles de inserción en otros países, condiciones externas y una estrategia de expansión comercial.

d) Desarrollo de una legislación con una injerencia propia del tema y con beneficios impositivos para la innovación agropecuaria (descontar o diferir gastos en tecnología), y para el crecimiento de PyMEs de AgroTICs nuevos o ya existentes; para ello es indispensable previamente analizar los esquemas regulatorios que impactan hoy sobre la innovación agropecuaria y sobre el crecimiento de estas empresas.

e) Lanzar una línea de créditos especiales de apoyo para pequeñas empresas de base tecnológica o subsidios a determinados tipos de costos (ampliación de la Ley de Software), con cierta priorización en segmentos como AgroTICs. Prever la complementación y la no superposición con otros instrumentos ya existentes para el sector de TIC como el Fonsoft, FonCyT, Fontar, etc.

f) desarrollo de un portal de divulgación virtual para el público amplio y del sector productivo. Difusión en revistas de lectura cotidiana del sector demandante (Ej.: Márgenes Agropecuarios, Infotambo).

- Desarrollo de recursos humanos:

a) Relevamiento y estudio de evaluación de un programa de sensibilización en el tema y de formación continua en TIC en escuelas rurales, asociaciones de productores, sociedades rurales locales y cámaras agropecuarias;

b) Desarrollo de seminarios con instituciones de formación informática y electrónica, revisión de programas curriculares y de investigación o extensión y pasantías con el objeto de vincular las carreras de informática de universidades localizadas en zonas productoras con empresas de AgroTICs y cámaras informáticas.

c) Crear una maestría con orientación técnica en AgroTICs, radicada en dos o tres universidades a evaluar, a fin de formar capacidades para el desarrollo de aplicaciones, la especialización y/o la formación de nuevos emprendimientos en AgroTICs.

## 7.2.2. Focos tecnológicos

6. - Desarrollo de líneas y equipos de I+D:

a) Diseño y puesta en marcha de programas de investigación y estudios de factibilidad para proyectos de desarrollo de aplicaciones en los focos tecnológicos asociados a las AgroTICs (agrobioinformática, tecnologías móviles, redes de telecomunicación, sistemas georeferenciados, estándares agroinformáticos, difusión de TIC, etc.), previo relevamiento de los proyectos y desarrollos en marcha o incipientes.

b) Definir una red institucional de centros de investigación, tecnológicos y grupos científicos en Argentina vinculados por departamentos, programas o proyectos al campo de las AgroTICs, y buscar asociaciones con institutos extranjeros de investigación y desarrollo, según el área o foco tecnológico. Buscar la participación de estos grupos y centros en proyectos de cooperación internacional en I+D (por ejemplo, en el VII-FP, a través de convenios con países líderes como Israel, India, Irlanda, o clientes agropecuarios, como China, Alemania, Perú y el MERCOSUR) Buscar establecer algún tipo de acuerdo de complementación tecnológica y científica con Brasil, relevando la cooperación ya existente.

325

- Proyectos específicos

a) Proyectar la instalación de una red teleinformática piloto de alcance local-regional, de la que formen parte diversas instituciones, y a partir de la cual realizar testeos a campo de los distintos tipos de sensores, sistemas de información y fuentes que componen dicha red, además de proveer de comunicaciones a las comunidades rurales implicadas. Esto permitirá desarrollar un modelo de gestión de una red orientada a estas vistas aplicable en otras áreas, y eventualmente exportable.

b) Lanzar un programa de incentivos sectoriales a la sustitución de importaciones y concursos de innovación tecnológica en temas clave en base al desarrollo de un menú de necesidades y oportunidades en el área de

AgroTICs a corto y mediano plazo (tecnologías de avanzada; tecnologías para sustituir importaciones; tecnologías disponibles pero mejorables).

c) Estudiar y evaluar a fondo el estado del arte y promover la adopción de estándares para el acopio y el manejo de información afín con las actividades agropecuarias y agroindustriales, así como la elaboración de recomendaciones acerca de la compatibilidad entre sistemas y plataformas para elaborar esa información, que hoy se encuentra en una situación de alta heterogeneidad. Sólo se presta atención a usos y desarrollos instalados en el exterior para situaciones no necesariamente semejantes a las domésticas.

d) Estudio y desarrollo de esquemas posibles para favorecer la difusión de la trazabilidad de bienes y servicios en todo el sector y la adopción de normas y estándares para favorecerla. Se trata de considerar no sólo en el segmento de la ganadería bovina, sino todos los restantes segmentos del sector agropecuario y agroindustrial con lo que se trataría de implementar la trazabilidad en todo tipo de animales, de piezas despostadas, de plantaciones, mercadería a granel o individual, etc. Este esfuerzo debe considerar la posibilidad de vincular funcionalmente entre sí las interfaces entre todas las etapas de las cadenas agroalimentarias prestando atención tanto a la tecnología material y social que se requiere, como las limitaciones políticas y económicas que es de esperar que estas acciones acarreen.

326

## **7.3. Servicios IT**

### **7.3.1. Áreas críticas**

7. Formación en volumen de RRHH  
Diversificación abriendo otros centros de desarrollo en otros países de América Latina.  
Mayor penetración en Clientes Existentes.  
Segmentación de Mercados y Clientes.  
Incursionar en un NASDAQ local.

### **7.3.3. Focos tecnológicos**

8. SaaS, como modelo de entrega de software y no como producto terminado.  
Una nueva “raza” de soluciones open source, emergerá (y el open source ya no será solamente Linux).  
Soluciones de seguridad, Telefonía IP y Call Centers, aplicaciones CRM, E-mail servers, etc.  
Web 2.0

## 7.4. Contenidos Digitales

### 7.4.1. Áreas críticas

9. Formación de perfiles adaptados a la industria de Contenidos digitales. Ver perfiles híbridos en el documento de capital humano.

#### Sector Educación

- Asegurar que todos los portales educativos nacionales cumplan los criterios vigentes para incorporarse como miembros plenos en redes regionales de estos portales.
- Buscar el establecimiento de un mercado regional de contenidos y servicios digitales, que incluya la realización de foros, a través de una alianza público-privada con proveedores comerciales.
- Aumentar el intercambio de experiencias y contenidos de alta calidad en las redes regionales de portales educativos, incluidas aplicaciones de Web 2.0 y otros canales de distribución, como la televisión y la radio.
- Difundir experiencias en el uso de herramientas de realidad virtual como aplicaciones de las TIC en programas educativos para fomentar la diversidad cultural, la tolerancia y combatir la discriminación por consideraciones de raza, género, religión, etnia, enfermedad y/o discapacidades, entre otras.

#### Sector Emergencias

- Ofrecer sistemas de respuesta, como bases de datos de damnificados, sistemas de gestión de recursos para la respuesta a emergencias, entre otros, que sean desarrollados con fondos públicos, y promover su utilización en los países de la región tanto a nivel nacional como local.

#### Salud

- Asegurar que el 70% de los centros de salud y hospitales trabajen con software o aplicaciones para la gestión y planificación de procesos, garantizando su interoperabilidad, o duplicar el número actual.
- Enlazar portales nacionales de salud con miras a establecer una red regional para compartir experiencias, intercambiar contenidos y promover su desarrollo, adaptación y pertinencia, tomando en cuenta la debida protección de datos.
- Promover la mejora de las redes regionales de salud mediante la adopción de estándares que viabilicen la interoperabilidad de los sistemas digitales, el intercambio de software, la interacción de aplicaciones y la interconexión de portales y bibliotecas virtuales de salud.

#### Gobierno

- Asegurar que el 50% de las entidades de la administración pública incluyan en sus portales información relevante, útil y oportuna, incluyendo información sobre los procesos de adopción de decisiones, con el objeto de facilitar la relación del gobierno con los ciudadanos y otras

partes interesadas, o duplicar el número actual.

- Establecer mecanismos de accesibilidad a portales de gobierno que garanticen las transacciones y el acceso a la mayoría de los ciudadanos, eliminando barreras comunicacionales u otras.
- Fomentar mecanismos de contratación electrónica en el sector público.
- Promover la creación de mecanismos de estandarización y consolidación de la información georeferenciada, con el objeto de que el gobierno, el sector privado y demás partes interesadas cuenten con herramientas para la toma de decisiones.

#### Industria

- Promover la creación de teletrabajo, trabajo móvil y otras formas de trabajo por redes electrónicas, sobre todo para los grupos más vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, a través del equipamiento apropiado (software y servicios digitales), la capacitación certificada y la validación de experiencia; así como mantener el grupo de trabajo sobre teletrabajo a fin de realizar sugerencias para alcanzar un marco normativo y administrativo que incluya mecanismos de resolución de conflictos.
- Promover el desarrollo de un portal regional para proporcionar información sobre prácticas de uso de las TIC en micro, pequeñas y medianas empresas y gestionar la búsqueda de recursos para su financiamiento.
- Crear redes regionales utilizando asociaciones público-privadas de diversa índole para promover el desarrollo de software competitivo en los mercados internacionales, considerando en especial las necesidades locales de los procesos organizacionales, productivos y sociales locales, y fomentar la inclusión digital.

328

### 7.4.2. Focos tecnológicos

10. Ver el Foco 3 en lo relacionado a Efectos especiales y juegos en el cap. 4.1  
Desarrollo de software libre para manejo de contenidos.

## 7.5. Seguridad

### 7.5.1. Áreas críticas/Focos tecnológicos

11. Métodos y lenguajes de especificación rigurosos y formales adecuados para seguridad y confiabilidad.  
Ambientes centrados en el usuario  
Métricas para seguridad  
Métodos y herramientas para autenticación remota.  
Algoritmos y métodos semánticos para resguardo y trazabilidad de contenidos

Certificación de seguridad  
Ambientes verificables para ejecución segura  
Políticas de seguridad para la independencia de las redes  
Virtualización en el nivel de arquitecturas  
Interoperabilidad “seamless” a través de redes heterogéneas (E2E)  
Nuevos protocolos “reputation based” para QoS y seguridad  
Binding seguro entre usuarios y dispositivos  
Desarrollo de nuevo IP con soporte completo para seguridad y movilidad  
Tecnologías de seguridad para modelos de negocios innovativos  
Trusted computing, Sistemas operativos y TPMs seguros  
Protocolos flexibles para mala operación y mal funcionamiento

## 7.6. Ingeniería de Software

### 7.6.1. Areas críticas

12. **Educación:** Es fundamental tener en cuenta que la implementación de cambios en el sector educativo necesita para la generación de contenidos y material de soporte una cantidad de tiempo sustancial de personal altamente calificado no sólo en los temas técnicos sino en las formas de transmitirlos. Estos recursos humanos ya están insertos en el ámbito educativo, científico y/o productivo. Un desafío será lograr brindar suficientes incentivos para que aporten a la generación de cambios en el sector educativo. Los subsidios del Estado podrían ser, según su reglamentación, una vía para lograr esto.

329

#### Educación Universitaria

- Elaboración de una propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras de computación. Se espera que estas cubran una proporción importante del “Software Engineering Body of Knowledge”<sup>54</sup> y que tengan en cuenta los temas mencionados en la prospectiva (ver más abajo) como críticos.
- Propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras de Ingeniería o Sistemas. Se espera que estas materias estén orientadas a Ingeniería de Software “in the Large” y a temas de gerenciamiento. Ejemplos de materias son Ingeniería de Requerimientos, Arquitecturas y Diseño, Verificación y Validación, Gestión de Proyectos, Calidad y Mejora de Procesos.
- Propuesta de Planes de Estudio y preparación de Material “enlatado” para materias de Ingeniería de Software para carreras cortas del tipo “tecnicaturas”. Por ejemplo, una única materia cubriendo lo básico del ciclo de vida de desarrollo, apuntando primordialmente a Ingeniería de Software “in the small”.

54 Software Engineering Body of Knowledge. <http://www.swebok.org/>

- Implementación de “tracks” en Ingeniería de Software. La idea es que las carreras de Ingeniería en Informática, Computación y Sistemas tengan un “track” de especialización en el área, a través de un conjunto de materias obligatorias y optativas. La iniciativa consiste de proponer currículum estándar para estos “tracks”.

### **Educación de Posgrado – Professional Degrees**

- Implementación de “professional degrees” en Ingeniería de Software para ayudar a la reconversión de recursos actuales y formar una nueva capa de liderazgo para nuestra industria. Ejemplos de carreras de estas características son el MSE (Master of Software Engineering) de Carnegie Mellon y el MSc Ind. (Master in Software Engineering for Industry) de Imperial College de Londres.

### **Educación de Posgrado – Doctorados**

- Promoción de doctorados con orientación en Ingeniería de Software a través de becas competitivas. Debe tenerse en cuenta el diferencial de sueldo al que los doctorandos pueden acceder con un trabajo en industria. Si este diferencial es muy significativo como en la actualidad, difícilmente se pueda fortalecer este sector. Se buscaría dar orientación (no excluyente) a los temas mencionados en la prospectiva.

330

### **Escuelas de Verano en Ingeniería de Software**

- Implementar una conferencia anual con cursos de una semana, becando a alumnos de carreras de todo el país. Esto sería similar las Escuelas de Informática de la UBA (ECI) y de Universidad de Río Cuarto, pero con un foco en Ingeniería de Software. Una alternativa es implementar un “track” de Ingeniería de Software en una iniciativa existente
- Implementar una conferencia anual orientada a doctorandos con cursos de una semana, becando a alumnos de carreras de todo el país. Esto sería similar a la exitosa experiencia de las escuelas PAV. Si existiera una iniciativa más amplia, implementar un “track” de Ingeniería de Software.

### **13. Investigación y Desarrollo e Innovación**

- Fomentar la instalación de “Centros de Excelencia” especializados en alguna temática de Ingeniería de Software. Operados por una universidad y con “visiting scientists” de la industria o centros académicos del exterior. Con subsidios estatales y aportes de empresas privadas. El foco de estos centros debe ser llenar el espacio existente entre investigación, docencia e aplicación de temas de Ingeniería de Software.
- Fomentar el desarrollo de grupos de investigación mediante subsidios que brinden flexibilidad para desarrollar programas de transferencia, co-laboración nacional e internacional.

- Fomentar las actividades de transferencia de tecnología en Universidades (esto aplica tanto a profesores como a investigadores). Por ejemplo, aumentando el peso de las actividades de Transferencia de Tecnología en la evaluación de profesores y docentes auxiliares en concursos o en promociones del CONICET.
- Fomentar el ingreso al sistema científico tecnológico a recursos humanos con trayectoria en industria en roles orientados a investigación aplicada y transferencia tecnológica.
- Establecer un Instituto orientado a identificar oportunidades de usar software para mejorar nuestras industrias / empresas de servicios combinado con subsidios para esos proyectos. Un proceso posible sería el siguiente: un grupo de consultores especializados de este Instituto hace una visita a una empresa para conocer sus procesos. Se identifican oportunidades de mejorar la productividad / calidad a través del uso del software. Se buscan subsidios estatales para llevar a cabo los proyectos resultantes. Los consultores preparan los pliegos para estos proyectos. Los consultores asesoran a la empresa durante la ejecución de los proyectos.

## **Otras Iniciativas e Ideas Propuestas**

### **Rol del Estado como Formador de la Industria y Comprador de Tecnología**

- Trabajar con la ONTI (Oficina Nacional de Tecnologías de la Información, dependiente de la Subsecretaría de la Función Pública) en la inclusión de evaluación de capacidades en Ingeniería de Software de las empresas que sean contratadas por organismos del Estado para desarrollos de software. Esto puede ser implementado de varias formas, como por ejemplo el otorgamiento de puntos en licitaciones por certificaciones de calidad o la inclusión en forma obligatoria de capítulos sobre el tema en los Pedidos de Propuesta (RFP) de organismos del Estado. Por ejemplo, la ONTI podría proveer de RFPs “estándar” a los organismos estatales.
- Fomentar que el Estado Argentino compre software de Industria Nacional, y contrate empresas nacionales para sus proyectos de desarrollo. Evitar los desarrollos internos cuando sea posible. Esto puede implementarse otorgando un diferencial de puntos en licitaciones para empresas locales.

### **Subsidios a la “certificación de calidad”**

- Continuar en la línea actual de otorgar aportes no reembolsables a empresas que sigan modelos de calidad y puedan demostrar haber cumplido con un hito importante como por ejemplo una “certificación” o similar.

## **Modificaciones a la Ley de Software**

- Fomentar la colaboración e inversión directa en centros universitarios o de investigación científica por parte de las empresas beneficiadas por la ley del software.

## **Incentivos a la compra de “Software Argentino”**

- Fomentar que empresas argentinas compren “software argentino”. Este puede hacerse con subsidios o préstamos blandos, o campañas de promoción. Tal vez el INTI pueda ayudar en estas campañas.

## **Incentivos a la Instalación de Centros de Investigación y Desarrollo**

- Si bien esto idealmente debería darse tanto para empresas locales como extranjeras, la tendencia hacia la concentración en la Industria del Software hace que sea más realista pensar en acuerdos con los grandes “players” de la industria para que, además de instalar centros de desarrollo en Argentina (como ya ha ocurrido con Oracle por ejemplo), instalen centros de investigación, que podrían trabajar en forma conjunta con las Universidades (esto debería relacionarse con los “Centros de Excelencia” propuestos anteriormente).

332

## **Certificaciones Personales**

- Además de las certificaciones de calidad para empresas, es importante no perder de vista que hay una tendencia hacia las certificaciones profesionales de las personas que trabajan en la industria. Creemos que es posible fomentar estas certificaciones a través de mecanismos como aportes no reembolsables del Fonsoft.

## **7.7. Señales**

### **7.7.1. Áreas críticas**

14. La formación de recursos humanos, adecuación de laboratorios: Si queremos contribuir seriamente con la industria de las telecomunicaciones en el país y el exterior, debemos incluir a los centros académicos y de investigación dentro del sistema de desarrollo-regulación-utilización de sistemas de comunicaciones.
15. Desde la perspectiva de la industria, las iniciativas relacionadas con esta temática pueden favorecer claramente nuevos emprendimientos que procuren soluciones eficientes a nivel nacional, y que mantengan la economía de escala de las aplicaciones.

## 7.7.2. Focos tecnológicos

16. Finalmente, desde la perspectiva tecnológica, la reconfigurabilidad y flexibilidad que caracterizará a los dispositivos y servicios de comunicaciones móviles futuros, y las futuras prestaciones de sistemas de comunicaciones por enlaces de fibra óptica de alto desempeño, demandará considerable ingenuidad e ingenio para resolver los compromisos de eficiencia requeridos. Una herramienta común para resolver varios de esos compromisos es el procesamiento estadístico de señales.

## 7.8. Imágenes

### 7.8.1. Áreas críticas

17. **Potenciar la docencia a nivel nacional.** Es imprescindible llevar a cabo intercambios de docentes especialistas nacionales para el dictado de cursos, dirección de postgrados, etc. en otras UUNN, así como el dictado de cursos de extensión para instituciones y empresas. Una manera específica de implementar este propósito consiste en **crear postgrados en red entre varias universidades**. También resulta indispensable prever las vacancias actuales y futuras en el mercado laboral, y para ello crear especializaciones en temas puntuales como imágenes médicas, teledetección y sensado remoto, visión robótica e industrial, etc. Sería deseable que todas estas actividades estén nucleadas alrededor de objetivos curriculares consensuados a nivel nacional.

**Nuclear a la comunidad:** Una de las prioridades para orientar las actividades es establecer una sociedad nacional de especialistas y crear una red de excelencia en ciencias de las imágenes.

18. **Implementar un laboratorio virtual para el desarrollo de aplicaciones**  
Una de mayores urgencias actuales radica en la falta de soluciones informáticas para un gran conjunto de problemas académicos, productivos, y de generación de políticas gubernamentales. El mercado requiere aplicaciones que permitan a la industria local hacer uso de técnicas avanzadas de toma de decisiones asistidas por tecnologías gráfica y de visualización. La solución más eficiente a corto plazo consiste en implementar un Laboratorio Virtual que actúe como referente nacional. Esto permitirá concentrar la información sobre la demanda de sistemas y servicios, y vehiculizar su desarrollo hacia el grupo de especialistas más indicado.

**Creación de una plataforma unificada con tecnología local:** La gran mayoría de los sistemas informáticos utilizados actualmente son productos comerciales de alto costo tanto de inversión como operativo. Esto, además de generar los problemas característicos de la tec-

nología propietaria, los hace no interoperables con otros sistemas, estándares o aplicativos independientes. Un objetivo que facilitaría y agilizaría enormemente el desarrollo de aplicaciones sería contar con una biblioteca o SDK localmente desarrollada con el patrocinio de un consorcio integrado por las agencias de Ciencia y Técnica, las Universidades, las Cámaras de Software y todos los organismos que deseen participar en la especificación. Se hace énfasis de esta forma en la interoperabilidad de los productos nacionales y la generación de un marco regulatorio en la exportación de productos estratégicos que hagan uso de dicha tecnología.

**Impulsar la investigación en áreas vacantes:** Esta acción se establece a partir del financiamiento de programas especiales para proyectos de ciencia y técnica, que permitan concursar becas internas y externas, visitas de investigadores de prestigio internacional y también becas posdoctorales de investigadores argentinos, en las áreas de investigación en ciencias de las imágenes.

**Contar con instrumentos de financiamiento adecuados:** La transferencia de tecnología se lleva a cabo con restricciones de tiempo muy diferentes a las de los proyectos de investigación, por lo que se requieren instrumentos de financiamiento adecuados. Una posibilidad al respecto consiste en contar con convocatorias con fecha abierta y/o condicionados, que permitan que los grupos de investigación realicen su presentación condicionada a los acuerdos con los stakeholders. También se hace énfasis en la necesidad de becas profesionales que permitan una gestión ágil y flexible de los recursos humanos para poder llevar adelante las tareas de transferencia.

334

## 7.8.2. Focos tecnológicos

### 19. Segmentación y cuantificación de objetos y texturas en imágenes

El problema de la segmentación en imágenes digitales consiste en separar adecuadamente el área de interés del fondo de la imagen. Ejemplos de este problema genérico son delimitación de áreas con alguna característica distintiva que se desea detectar (cultivos en imágenes satelitales, tejidos en imágenes médicas, etiquetas de productos en plantas industriales, etc.).

**Reconocimiento, identificación, e interpretación automática de imágenes:** El reconocimiento e identificación en imágenes ya segmentadas implica incorporar conocimiento de alto nivel (inteligente) dentro del pipeline de procesamiento, tendiente a integrar diferentes objetos en una imagen de manera de emular la cognición humana. Ejemplos característicos son el reconocimiento de rostros en sistemas de seguridad, la identificación de objetos móviles en plantas industriales, etc.

**Métodos inteligentes de tracking en secuencias de video:** El tracking en video implica el reconocimiento e interpretación automáti-

cas incorporando además la coordenada tiempo, lo cual en algunos aspectos dificulta el reconocimiento por la complejidad adicional, pero por otra parte lo facilita si es posible extrapolar en el tiempo la identificación efectuada en cuadros anteriores. Los ejemplos destacados son la visión computacional y robótica, la deportología, la robótica móvil, etc.

**Fusión y corrección multiespacial, multitemporal, y multimodal:** Este problema consiste en integrar, ponderar, y evaluar los datos espaciales provenientes de diferentes sensores, en diferentes momentos, y con diferentes calidades. Los ejemplos característicos son la fusión de imágenes geoespaciales provenientes de misiones satelitales, integrándolas con fotografías aéreas, modelos digitales de elevación (DEMs), datos de GPS, y estaciones de sensado, siendo todos estos datos de diferente disponibilidad, calidad, resolución, etc. y habiendo sido tomados en diferentes momentos. Otro ejemplo de gran importancia es la corrección de datos médicos (tomografías, ecografías, atlas médico, etc.) para el diseño de prótesis y órtesis, la planificación quirúrgica, etc.

**Rendering, modelos de iluminación, realismo, y animación.** El problema del rendering en computación gráfica puede definirse como el diseño de estructuras de datos y algoritmos que permitan la representación visual de modelos geométricos de los objetos, y del transporte de luz en la superficie de los mismos. La animación agrega a este problema la dimensión temporal. Los ejemplos de este problema los podemos encontrar en la tecnología de computación gráfica (juegos, videos de animación), la realidad virtual y aumentada, la telepresencia, etc.

**Rendering de volúmenes:** El rendering en modelos 3D se diferencia del rendering en computación gráfica por el hecho de que se busca representar visualmente datos volumétricos (i.e., el interior de objetos), por lo que no se emulan leyes físicas conocidas. El ejemplo más importante de este problema es la visualización de datos médicos (tomografías, PET, CAT) de manera tal de poder representar los datos adquiridos como un sólido traslúcido que permita al especialista radiólogo identificar y diagnosticar apropiadamente. Ejemplos similares pueden encontrarse en el diseño industrial, donde los datos a representar pueden provenir de simulaciones computacionales de la propiedades de un objeto (v.g., la turbulencia de un objeto aerodinámico en un túnel de viento virtual).

**GPGPU:** Si bien hay en el país grupos investigando la programación de arquitecturas multicore, computación grid, y cluster de computadoras, las GPUs (Graphic Processing Units) representan en la actualidad la mejor alternativa en costo y prestaciones para el cómputo concurrente y paralelo, siendo esta tendencia cada vez más acentuada. El uso de este hardware popular para usos científicos se conoce como GPGPU (General Purpose GPU), área que está concitando la atención de un creciente número de grupos de investigación interna-

cional. Entre las aplicaciones del GPGPU podemos contar la simulación y modelado en tiempo real de grandes estructuras, la resolución interactiva de problemas numéricos de gran complejidad, etc.

**Integración de bases de datos 3D (geoespaciales, médicas, etc.) en simuladores y visualizadores:** Las bases de datos espaciales (geográficas, médicas, etc.) forman parte creciente del activo disponible para usos y aplicaciones. Por otro lado, la tecnología de simuladores (de vuelo, fluviales, de pista, etc.) no ha tenido en cuenta desde su inicio la posibilidad de manejarse dentro de terrenos o entornos que no fuesen simulados. La integración de estas dos tecnologías permitirá extraer el máximo provecho de cada una, haciendo posible el desarrollo de aplicaciones hasta ahora impensadas.

**Motion capture, haptiC, poise estimation:** Este problema puede definirse como realizar la captura de información gestual o cinemática de personas u objetos. Para ello se cuenta con dispositivos específicos, o pueden desarrollarse métodos de captura basados en visión computacional (menos eficientes pero de menor costo). Ejemplos de esta problemática pueden encontrarse en deportología (entrenamiento y evaluación de deportistas), juegos (determinación de secuencias de movimientos para personajes), control gestual de aplicaciones, etc.

#### *a) Descripción de las áreas de aplicación*

### 336 **Sistemas de visión industrial**

- Tipos de productos o mercado

Localización de objetos móviles en plantas

Detección de fallas en laminados

Monitoreo de combustión en altos hornos

Monitoreo en hornos de cracking

Monitoreo visual de calidad

Inspección visual de parabrisas, rodamientos, partes mecánicas

- Stakeholders, clientes, sectores interesados

Industria automotriz

Acerías e industria metalúrgica

Refinerías y altos hornos

Frutihortícolas

Empresas de transporte ferroviario

Industria de alimentos

### **Juegos e industria del entretenimiento**

- Tipos de productos o mercado

Plataformas de simulación (aérea, naval, etc.)

Laboratorio de motion capture

Programación de GPU y Computación de muy alta performance

Realidad virtual o aumentada  
Telepresencia  
Spin-off de plataformas y engines  
Outsourcing de productos

- Stakeholders, clientes, sectores interesados

Empresas desarrolladoras de juegos  
Empresas de diseño industrial  
Deportología  
Estudios de arquitectura  
Empresas de turismo  
FFAA, defensa  
Empresas portuarias  
Aerolíneas

### **Teledetección y GIS**

- Tipos de productos o mercado

Monitoreo inteligente con imágenes de sensado remoto  
Sensores Infrarrojos  
Cartografía y catastro digital  
Geodatabases y Geovisualización  
Monitoreo inteligente con sistemas embebidos

- Stakeholders, clientes, sectores interesados

Sector público (municipalidades, secretarías, ministerios)  
ONGs  
Empresas de monitoreo  
Compañías de seguros  
Empresas asociadas a la industria del petróleo  
Institutos de investigación  
Empresas de servicios de cartografía  
Empresas de transporte, gestión y logística

### **Imágenes Médicas**

- Tipos de productos o mercado

Radiología computacional  
Diagnóstico por imágenes y diagnóstico asistido por computadora  
Modelado anatómico 3D  
Planificación quirúrgica  
Diseño de prótesis

- Stakeholders, clientes, sectores interesados

Institutos de diagnóstico por imágenes  
Servicios de imágenes y radiología en hospitales  
Institutos de investigación médica

## **Video Digital y Sistemas de Monitoreo**

- Tipos de productos o mercado  
Aplicaciones de video por IP  
Televisión digital  
Telepresencia  
Encriptación  
Watermarking  
Compresión  
Tracking e identificación
- Stakeholders, clientes, sectores interesados  
Empresas de turismo virtual  
Empresas generadoras de contenidos  
Desarrolladores de juegos  
Empresas de vigilancia y seguridad

## **7.9. Software Embebido**

338

### **7.9.1. Áreas críticas**

20. Una aspecto importante será la ampliación de las capacidades académicas a nivel de doctorado realizados tanto a nivel local como internacional en temas de modelado, sintetizado y verificación de arquitecturas y sistemas modulares, metodologías de software orientadas a sistemas embebidos, herramientas de integración de sistemas complejos, sistemas de tiempo real, arquitecturas reconfigurables, co-diseño hardware/software/sistema y comunicaciones, entre otras áreas de interés. Para ello resulta necesaria la creación de espacios de trabajo multidisciplinar en las universidades e institutos de investigación con grupos provenientes de las ciencias e ingeniería de hardware y software con una infraestructura de equipamiento de avanzada.

## **7.10. Micro y Nanoelectrónica**

### **7.10.1. Áreas críticas**

21. Financiar un programa de formación de Maestrías y Doctores, con la flexibilidad adecuada para la concreción de los objetivos deseados, contemplando la formación en el exterior.

22. Completar la formación del Instituto de Diseño con una estructura geográfica distribuida. Garantizar el financiamiento para la obtención de licencias comerciales y servicios de fabricación.  
Crear un programa especial que financie los puestos de los especialistas generados en empresas tecnológicas existentes y en nuevos emprendimientos.  
Fomentar la instalación de 3 empresas extranjeras con fuertes lazos a los proyectos de generación de recursos humanos y establecimiento de desarrollo tecnológico en Argentina.  
Desarrollo de la industria de propiedad intelectual en diseño de circuitos integrados (microelectrónica y nanoelectrónica)

### **7.10.2. Focos tecnológicos**

23. Desarrollo de software asociado para diseño y verificación (EDA-CAD)  
Desarrollo de la industria de servicio de diseño  
Mejoras en la competitividad de la industria electrónica nacional  
Desarrollo de la industria de valor agregado basada en post-procesamiento de circuitos integrados (donde el microchip se diseña localmente, se encarga a fábricas fuera del país, y se aplican pasos de procesamiento posterior en el país) para su integración híbrida con: (1) estructuras MEMS; (2) nanotubos y nanopartículas; (3) microfluídica; (4) accionadores de RF y de potencia; para aplicaciones en: (1) biomedicina; (2) monitoreo ambiental; (3) agricultura y ganadería; (4) energía.  
Desarrollo de Electrónica no-convencional (por ejemplo, plástica).  
Desarrollo de la cadena de valor completa, diseño y fabricación de circuitos integrados.

339

## **7.11. Educación y Capital Humano**

### **7.11.1. Áreas críticas**

24. Integración de TIC en la Educación  
Se recomienda desarrollar programas de apoyo a las provincias para formalizar planes de integración de TIC en la currícula. Estos programas se pueden desarrollar en varias modalidades:

Investigación sobre la integración de TIC  
Mediante la realización de pilotos que permitan experimentar y poner a punto dispositivos de intervención institucional. Esta medida se puede realizar con el soporte conjunto de los Ministerios de Educación y de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

- La formación docente en TIC  
Actualizar las curriculas de los profesorados y abrir espacios de innovación en la práctica docente.
- El desafío del acceso  
Desarrollar metas de conexión y equipamiento sustentables en el tiempo.
- Desarrollo de Estándares  
Desde el Ministerio de Educación apoyar la gestión de los ministerios provinciales creando estándares de competencias TIC para docentes.

#### *a) Formación para el trabajo con TIC*

- Escuela media integradas a las TIC  
Incorporar a las TIC como herramienta de preparación para el trabajo en todas las especialidades de la escuela media. Para brindar a los alumnos una formación para el trabajo con el dominio de herramientas informáticas para utilizar en ocupaciones no informáticas. Renovación y replanteo de las curriculas de la escuela media que incorpore a los “nuevos” oficios y los perfiles híbridos.
- Terciarios integrados a las TIC  
Incorporar a las TIC como herramienta de preparación para el trabajo. Uso de TIC en todas las Tecnicaturas que se puedan beneficiar de utilizarlas.
- Comunicación  
Desarrollar planes de comunicación a fin de que la audiencia joven perciba la diferencia de ingresar en la industria SSI y haga tangible beneficios.
- Ciencia y Tecnología  
Conectar a la escuela media con la alta tecnología, en particular con investigadores universitarios.
- Formación para la Inserción laboral  
Intensificar los programas de apoyo a las provincias para la formación de técnicos SSI, mediante la formación extracurricular en secundarios y los cursos de formación profesional.

#### *b) Formación para el trabajo en TIC*

- Desarrollar la Escuela Técnica en Informática en todos los distritos del país.  
Si bien la ET en Informática ya existe no tiene la dimensión en cantidad de establecimientos que debería para ajustarse a las necesidades de la sociedad. Es necesario fortalecer las ofertas actuales actualizando

y formando a los docentes, fomentando su vinculación con el sector, mejorando su equipamiento, preocupándose por mejorar la didáctica de conceptos complejos como la programación, y agregando ofertas en zonas que cuyas condiciones socioeconómicas las requieran o nuevas especialidades que vayan surgiendo.

- **Actualización y replanteo de Currículas**  
Actualización y replanteo de los programas de estudio a fin de acercarlos a la práctica laboral.
- **Comunicación**  
Desarrollar planes de comunicación a fin de que la audiencia joven perciba la diferencia de ingresar en la industria SSI y haga tangible beneficios.
- **Becas Completas**  
Programa intensivo de becas que estimule el estudio de TIC en los sectores menos favorecidos.
- **Deserción y Desgranamiento**  
Programa de apoyo para evitar la deserción y el desgranamiento en las carreras de informática.
- **Flexibilización de planes**  
Creación de títulos intermedios, reducción de años de carreras de grado.

341

## 7.12. Innovación

### 7.12.1. Áreas críticas

25. **Crear el ambiente de negocios alrededor de las universidades.** Las empresas startup TIC son las que mejor reúnen las características motrices para la innovación tecnológica: la identificación de nuevos mercados y tecnologías novedosas, flexibilidad estructural, capacidad de integración de talento, predisposición al riesgo y vocación de superación. Estas empresas generalmente nacen cerca de ámbitos universitarios para lo cual es necesario crear los ambientes propicios e institucionalizados.

**Fomentar la investigación aplicada cambiando los sistemas de evaluación de los investigadores.** Si bien el buen paper conduce a la transferencia, es cierto para los países centrales y no se trata de una regla general para países periféricos. En Argentina hay muchos investigadores, que teniendo posibilidades de investigar temas relevantes para el desarrollo local, lo descartan porque no son temas de moda en la journals

internacionales. Hay temas relevantes para la Argentina que no son relevantes en países centrales, por lo tanto hipotéticamente podemos tener excelentes investigadores que producen papers con aplicabilidad que no pueden publicarlos en revistas internacionales por su tema no es “relevante”.

**Financiación de la innovación.** Este tema es importante no solo para promocionar los startups sino también para hacer crecer la comunidad innovadora. Las empresas que en el futuro I+D en serio serán enajenadas y compradas por fondos de inversión o multinacionales. La creación de fondos locales permite garantizar el crecimiento de la población de empresas locales basadas en el conocimiento.

**Derechos de propiedad intelectual,** resguardo legal de la actividad innovativa. Un hecho fundamental de la economía del conocimiento es la posibilidad que tienen los autores e inventores de poder apropiarse de los frutos de sus innovaciones sin importar del capital que dispongan.

**Educación hacia la innovación y el emprendedurismo.** El emprendedurismo es necesario porque las nuevas empresas que hagan I+D moderno nacen de estudiantes de segundo año no de profesores o de investigadores. Hoy son muy pocos los estudiantes de carreras IT se les enseña a ser emprendedores.

**Apoyo a la internacionalización de empresas.** Porque las empresas que hacen I+D de avanzada o son multinacionales o son pymes globales. El mercado es el mundo para los productos y servicios competitivos. Es necesario que nuestros empresarios vayan más allá del Río Grande, Miami o los Pirineos.

342

## 7.13. Diáspora

### 7.13.1. Áreas críticas

26. Relevar las áreas de especialización y de “vacancia” que se deberían desarrollar en los próximos años; el grado de desarrollo del know-how y de los recursos humanos en las áreas elegidas; el nivel de la infraestructura de equipos.

Asistir en la formación de redes de profesionales expatriados (ya fueron mencionadas algunas de las principales redes) y una plataforma de colaboración. Esta es fundamental para desarrollar las transacciones y el intercambio, como la comercialización de tecnologías, inversiones en startups, joint ventures, partnerships, colaboraciones en proyectos de I+D, identificación avanzada de oportunidades de intercambios téc-

nicos y científicos, acceso a talentos y colegas. El sitio debería contar con una base de datos e infraestructura de colaboración para facilitar el intercambio de información y conocimiento. La experiencia de otras comunidades ha demostrado que el acceso a esta comunidad de conocimientos y recursos suele ser un incentivo muy alto que lleva a las diásporas a participar y a construir relaciones más duraderas. Un proyecto de esta naturaleza debe contar con financiamientos públicos para garantizarle continuidad y un efectivo cumplimiento de sus objetivos.

Realizar eventos puntuales en el exterior para fomentar el networking entre los miembros de la diáspora profesional argentina en el extranjero y para promover la plataforma.

Desarrollar casos exitosos de Argentina en el sector de las TIC en forma de productos (libros, audiovisuales para mostrar en eventos);

Involucrar a la Cancillería en la promoción de las iniciativas de la diáspora argentina.

Desarrollar políticas de promoción de la Propiedad Intelectual para acortar la brecha entre Argentina y el mundo.

Desarrollar puentes entre el emprendedor y los centros de transferencia tecnológica (principalmente las universidades), en los organismos públicos y en las empresas y pequeños emprendimientos.

343

Relevamiento en centros de excelencia en tecnología. Universidades, laboratorios, apuntarles y generarles una visión estratégica local/global.

Favorecer los clusters espontáneos, como el de emprendedores Internet "Palermo Valley", Web 2.0 para comunidades, biotecnología, nuevos materiales, energías limpias.

Mejorar las oficinas de transferencia de tecnología que no están orientadas ni pensadas para brindar servicios a los investigadores. Hay problemas de recursos, de calidad, problemas culturales.

Desarrollar más incentivos para patentar, que sume más puntos en la carrera de investigador una patente en lugar de un paper para ayudar a resolver el dilema entre publicar y patentar sigue siendo muy fuerte.

Desarrollar políticas de transferencia de tecnología. La generación de riquezas como una obligación de la ciencia básica. Mayor relacionamiento entre la ciencia básica y la aplicada, sobre todo para la biotecnología más que para las TIC.



## Capítulo 8

---

# Conclusiones

Pensar el futuro de las TIC en 2020 es, prácticamente, un ejercicio de adivinación. El futuro de las TIC en 2020 será el futuro de la novedosa e indefinida categoría sociológica llamada “sociedad basada en el conocimiento”, una entidad cuya entidad científica no aparece todavía muy clara.

El futuro de las TIC parece bastante más ligado a necesidades, aprendizajes y restricciones en el desarrollo económico y social que a desafíos científicos y tecnológicos, a la vez que las nuevas invenciones y resultados parecen incidir fuertemente en el moldeado de esta novedosa sociedad.

En la Argentina, y en el llamado “Tercer Mundo”, las TIC no han cumplido las promesas de equidad y desarrollo formuladas –particularmente por los organismos multilaterales– hace un par de décadas, más bien la “brecha digital” se ha ampliado hacia el exterior y al interior, al compás del crecimiento de la desigualdad y la injusticia. Sin embargo, para algunos países de tamaño intermedio, como la Argentina, estas tecnologías –y particularmente sus segmentos vinculados al desarrollo de software, contenidos y servicios– siguen apareciendo como una oportunidad de crecimiento, tanto per se como por su impacto en el conjunto económico y social. En el presente informe, se identifican cuatro grandes áreas en las que Argentina tiene claras oportunidades, a condición que desarrolle políticas integrales de desarrollo económico y social, así como de inclusión y educación, y de investigación científica y técnica, que posibiliten la creación de nuevas ideas, aplicaciones, negocios, adopción y utilización productiva y generación de nuevos e importantes mercados internacionales. Por cierto, para lograr estos objetivos es imprescindible aprender a utilizar los mejores conocimientos a escala mundial y poder abordar creativamente los desafíos planteados en los focos tecnológicos y aplicaciones que se han identificado en el presente informe; pero esto es aún insuficiente, el sistema científico y técnico argentino tiene serios problemas estructurales y culturales que reflejan de manera inequívoca –y muchas veces patética– el carácter dependiente del país. Abordar estas cuestiones es condición sine qua non para conseguir generar los conocimientos, resultados, soluciones, recursos humanos, marco legal, etc., necesarios para poder aprovechar la oportunidad antes mencionada.

345

El desafío principal para la Argentina, en términos de Ciencia y Tecnología, es lograr cambiar el modelo de I+D&i. Este cambio, una auténtica revolución cultural, es una precondition insoslayable para superar un retraso de 50 años en los próximos 20 años. Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal al no lineal de investigación y desarrollo. Para lograrlo es necesario:

1. Estimular principalmente la investigación en la “punta” de la ciencia y la tecnología, para alcanzar el mejor nivel mundial en espe-

cializaciones competitivas en áreas “clave”<sup>55</sup>, estratégicas y viables en términos científicos, técnicos y empresariales, apoyándose en las capacidades locales, la cooperación internacional, las oportunidades de mercado local e internacional, así como nuestro –muchas veces ignorado y aún despreciado– acervo científico, técnico y cultural. El desarrollo de estas especializaciones –algunas de las cuales han sido mencionadas en este informe– debe entenderse como la “palanca” que puede “levantar” al conjunto del sistema científico, técnico y productivo.

2. Promover la formación de recursos humanos capaces de llevar adelante las líneas de investigación y desarrollo fundamentales relacionadas con las especializaciones, pero también para la producción y comercialización de sus resultados. Esto implica desarrollar un programa de formación coherente y consistente en todos los niveles de la formación formal e informal, y la adquisición de conocimientos y habilidades muy diversas, no solamente de ciencia y tecnología, sino también de negocios y conductuales. La educación debe tomar en cuenta la demanda, no solamente la oferta educativa existente.
3. El Estado, en todos sus niveles, debe intervenir explícitamente no solamente en su rol de proveedor de educación y de financista de ciencia y tecnología. Resulta imprescindible que utilice su enorme poder de demanda para orientar y financiar proyectos estratégicos y complejos en áreas claves que generen desafíos mayores para el sector científico y las empresas de tecnología. Por cierto, el desarrollo de las áreas tecnológicas y de aplicación propuestas en este informe requieren de una participación protagónica del Estado.
4. Internacionalizar empresas y centros de I+D. Esto es, hacerlos competitivos a nivel internacional, en los mercados más exigentes y en los mejores ámbitos de la ciencia. Es imprescindible realizar fuertes inversiones para lograrlo.
5. Fomentar la creación de nuevas empresas y clusters tecnológicos así como potenciar los existentes, sobre la base de mejorar la competitividad y la especialización, promoviendo activamente la asociación entre el sector científico-técnico y educativo con el sector privado, destinando subsidios y líneas de créditos accesibles para ello. Es muy importante apoyar la creación de spin offs a partir de las universidades y centros científicos.

---

55 El Ministerio de Industria francés al lanzar la iniciativa “100 tecnologías clave” buscó responder tres preguntas: 1) cuáles son las tecnologías importantes para la industria francesa; 2) cuál es la posición francesa (y europea) en esas tecnologías; 3) dónde se deben alocar esfuerzos. Las tecnologías de interés fueron expresamente aquellas “...en las que los impactos económicos y sociales son discernibles y para las cuales las acciones de la industria y el poder público pueden aportar resultados a corto o mediano plazo”. El horizonte temporal fijado fue de 5 a 10 años.

6. Cambiar la cultura de la evaluación científica y tecnológica, consistentemente con la búsqueda del cambio de paradigma.
7. Invertir los recursos necesarios para el análisis, planificación, promoción y prospección en ciencia y tecnología, y sostener los planes y equipos en el tiempo.
8. Establecer, privilegiar y sostener programas de I+D multidisciplina-rios orientados a las especializaciones seleccionadas. No partir de la “oferta científica” sino principalmente de la demanda de conoci-mientos y soluciones requeridas por las especializaciones.
9. Generar los mecanismos efectivos y eficientes para *buscar, encontrar y apoyar* proyectos, empresas, equipos, personas, regiones innovado-ras. No es razonable apostar todos los recursos a “concursos abiertos y transparentes”, ni a convocatorias sobre temas generales.
10. Generar las condiciones, e intervenir fuertemente desde el Estado, para la creación y sostenimiento de un mercado de capital de riesgo orientado a la tecnología.
11. Adoptar políticas activas en cuanto a los derechos de propiedad intelectual, tanto en el orden local como en los ámbitos regionales e internacionales.
12. Desarrollar acciones efectivas y eficientes de divulgación, promo-ción e inserción de la tecnología en la sociedad. Favorecer la utili-zación productiva y estimular la demanda de tecnología.



### A.1. eHealth: Un cambio de paradigma necesario

Una comparación internacional indica que Argentina, aún está por arriba del promedio del Gasto en Salud que presenta América Latina pero se encuentra por debajo del nivel promedio mundial. Según el informe de Desarrollo Humano 2003 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD–, mientras el gasto en salud respecto al PBI se ubica en valores promedio para el mundo de 5,5%, América Latina está en un 4,4%, y Argentina en un 4,7%. Por cierto, si bien el índice es bajo en la comparación internacional, la percepción social en relación al servicio de salud en general y al sistema público en particular es aún peor. Una gran parte de la población argentina y latinoamericana recibe servicios de muy baja calidad o directamente se encuentra excluida de los mismos; no obstante, el valor absoluto del gasto en salud es no menor (alrededor de \$2500 millones en 2004 y 2005). La ineficacia del sistema debería buscarse en variadas fuentes: entre ellas, una crisis crónica del sistema público y un traspaso de tareas y recursos al sistema privado, posiblemente más efectivo pero fuera del alcance de la mayor parte de la población; por otra parte, un desarrollo desigual de las prestaciones y servicios médicos, con algunas “islas de excelencia científica” y una gran masa de hospitales en estado crítico; finalmente, altísima concentración de profesionales en pocos lugares y escasez en la mayor parte del territorio. En resumen, aún aumentando significativamente el presupuesto para la salud –por ejemplo hasta alcanzar el promedio mundial del 5,5% del PBI– no se mejoraría sensiblemente la problemática del cuidado de la salud.

349

En el otro extremo de la situación, el sistema de salud europeo –seguramente el más desarrollado y equitativo– presenta problemas y problemáticas de otro tipo, pero su horizonte de largo plazo es también crítico. Según datos de la OECD la previsión es que en 2050 los gastos en cuidado de la salud representarán entre un 10 y un 13% del PBI de los países de la región.

En ambos casos, y por motivos muy diversos, es necesario un cambio fundamental en las políticas y prácticas para el cuidado de la salud. En este contexto, las TIC pueden cumplir un rol fundamental tanto en la mejora de la calidad como en el aumento de la equidad y la productividad de los servicios de salud. En este sentido, las variadas intersecciones de las TIC con la medicina, la biología y la biotecnología son claves fundamentales para el éxito.

#### A.1.1. ¿Qué es e-Health?

El objetivo de las TIC para la Salud (conocidas como eHealth) es mejorar significativamente la calidad, acceso y eficiencia del cuidado de la salud de todos los ciudadanos. En el mundo desarrollado (Europa especialmente) la investigación en

eHealth lleva al menos dos décadas de intensa labor, y algunos de sus frutos son las redes nacionales y regionales de salud, registros electrónicos de salud, tarjetas de salud (health cards), etc. Este tipo de desarrollos han contribuido a la emergencia de una “industria de eHealth” con un potencial de crecimiento que la podría ubicar como la tercera mayor industria del sector salud, detrás de la farmacéutica y de la industria de dispositivos e imágenes médicas. Para 2010, el sector eHealth recibiría alrededor de un 5% del presupuesto total de salud de la UE.

### **A.1.2. La necesidad de cambiar el sistema de salud**

Las instituciones de salud tradicionales ofrecen tratamientos sobre la base de síntomas de enfermedad; esta visión está asociada con altos costos y baja calidad de vida para los pacientes. Por otra parte, aún cuando las ventajas y beneficios de la atención preventiva de la salud son ampliamente reconocidos, los sistemas de salud actuales en todo el mundo invierten solamente una pequeña fracción de sus presupuestos (3% en promedio en la OECD) en prevención de enfermedades. Los hospitales, más allá de estar diseñados para atender situaciones agudas, asignan un número significativo de sus camas pacientes con enfermedades crónicas, generando costos considerables y en muchos casos evitables, utilizando eficientemente monitoreo y atención remotos.

350 Innumerables evidencias sugieren que cientos de miles de muertes son atribuibles a accidentes médicos, efectos adversos de drogas y enfermedades evitables. La mayor parte de esas muertes se deben a dificultades de comunicación en el proceso de atención y a falta de información sobre la historia clínica del paciente. En USA, se atribuyen más muertes a decisiones médicas inapropiadas que a accidentes de tránsito, cáncer de mamas o SIDA. Es evidente que es urgente actuar para evitar estos riesgos para la salud y reducir la incidencia de muertes evitables.

Además, los actuales servicios de atención de la salud se encuentran fragmentados, en mayor o menor medida, en todo el mundo; esta fragmentación resulta en detrimento de los pacientes (limitando su movilidad y aumentando los riesgos de accidentes médicos evitables), de los profesionales médicos (imposibilitando o dificultando el acceso a la información de los pacientes) y la industria (reduciendo el market share)

### **A.1.3. Orientaciones generales de los servicios de eHealth para el futuro**

En términos generales, la generación de productos y servicios de TIC para la salud deberán apuntar a la solución de los problemas antes mencionados. Muy sintéticamente, esto puede expresarse como: Posibilitar acceso igualitario y sencillo al cuidado de la salud en cualquier lugar y en cualquier momento para todos los ciudadanos.

Por una parte, este objetivo consiste en desarrollar sistemas on-line que permitan a las personas acceder a conocimientos sobre cuidado de la salud para su información y educación – similar a un “Google for Health”. Por otro lado, es necesario dar soporte tecnológico para la creciente movilidad de las personas; esto, a su vez, requerirá de interoperabilidad entre sistemas y servicios de salud en todo el territorio involucrado (local, nacional, regional), y soluciones para identificación de pacientes, mensajes para datos médicos, registros electrónicos de salud, etc. El objetivo final más relevante es permitir el acceso a dichos registros de salud e información para emergencias desde cualquier lugar.

Las soluciones de interoperabilidad tendrán un profundo impacto sobre la industria de eHealth. Las grandes compañías ya se encuentran trabajando en este campo, pero la mayor parte de las empresas de este sector –en Argentina y en todo el mundo– son Pymes cuya sustentabilidad dependerá del establecimiento de estas soluciones de interoperabilidad.

El Plan de Acción para eHealth de la UE – parte del programa estratégico i2010 “A European Information Society for growth and employment” , (ver [http://europa.eu.int/information\\_society/eeurope/i2010/i2010/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/information_society/eeurope/i2010/i2010/index_en.htm)) – propone un conjunto de actividades para obtener los siguientes objetivos:

- Estimular la inversión y distribución de soluciones de eHealth en toda Europa.
- Desarrollar extensivamente redes de información sobre salud.
- Posibilitar y facilitar el acceso a conocimiento de alta calidad sobre salud a todos los ciudadanos.
- Proveer servicios de eHealth integrados e interoperables con acceso completo a historias clínicas y datos de todos los ciudadanos desde cualquier lugar de Europa.
- Atraer más actores industriales y expandir el mercado de eHealth, que es uno de los sectores de las TIC que más rápidamente crece en la actualidad.

351

#### **A.1.4. La Agenda de Investigación y Desarrollo en eHealth**

La situación y los desafíos futuros para los servicios de salud discutidos previamente, llevan naturalmente a la conclusión que es necesaria una reestructuración de los sistemas de prestación de salud. Las acciones de investigación y desarrollo deben apuntar a servir de soporte a este objetivo. Conceptualmente, se trata de un cambio de paradigma que incluye dos aspectos centrales:

Del cuidado de la salud “basado en síntomas” a la prevención

Del sistema de salud centrado en hospitales al sistema de salud centrado en las personas

Lograr este cambio de paradigma asegurará la continuidad de la atención en todos los niveles, desde prevención hasta rehabilitación y en todos los lugares en los que

las personas puedan necesitar cuidados (“follow me healthcare”). También posibilitará la provisión de servicios personalizados y tratamientos y medicinas individualizados. Las TIC aplicadas a la salud pueden ser instrumentos poderosos para dar soporte tecnológico al cambio de paradigma, desarrollando sistemas y servicios para:

Acelerar el avance del conocimiento médico y mejorar la comprensión de los procesos relacionados con las enfermedades.

Potenciar las capacidades de los ciudadanos para que puedan comprometerse activamente en el cuidado de su estado de salud.

Mejorar la prevención y el diagnóstico temprano de muchas enfermedades, reduciendo los costos del sistema de salud y mejorando la calidad de vida de las personas.

Aumentar la seguridad de los pacientes.

Mejorar la eficiencia del tratamiento de las enfermedades crónicas.

Mejorar el acceso a la salud y la calidad de vida de los grupos sociales de mayor riesgo, en particular, los sectores socialmente excluidos, los ancianos y los niños.

En esta dirección, las actividades de investigación deberían alinearse en tres grandes orientaciones:

352

Predicción, prevención y tratamiento de enfermedades.

Manejo de riesgos de salud

Infraestructura para investigación biomédica y sus aplicaciones

Predicción de Enfermedades

Las líneas de investigación que permiten desarrollar capacidades para la predicción de enfermedades están relacionadas principalmente con los tópicos de Informática Biomédica, “Virtual Physiological Human” e Imágenes Moleculares.

La Informática Biomédica es un campo multidisciplinario que se desarrolla sobre la base de las sinergias entre bioinformática e informática médica y provee un marco para desarrollar, integrar y compartir conocimiento biomédico de muy diferentes disciplinas como la genómica, proteómica, investigación clínica y epidemiología.

La Informática Biomédica no solamente incluye la integración de información y datos relacionados con el campo de la salud en diferentes niveles (molecular, celular, tejidos, órganos, personas y población), sino también con tareas computacionalmente complejas y demandantes como data mining, modelos, simulación y visualización.

El “buque insignia” de la Informática Biomédica es el desarrollo de un entorno computacional para modelado y simulación multinivel de la anatomía y fisiología.

logía humanas, el Virtual Physiological Human. Este concepto es el gran desafío para un conjunto de disciplinas que se encuentran en la intersección de las TIC y las biociencias. El objetivo final es permitir a los científicos y médicos conocer tanto como sea posible acerca de la fisiología humana real, atacando en conjunto todas las áreas de la anatomía y fisiología humana e integrando datos de todos los niveles. Esto también procura viabilizar la transición hacia el cuidado de la salud personalizado, basado en el uso de modelos, simulación y visualización para predecir el resultado de las intervenciones (quirúrgicas y farmacológicas) sobre los individuos.

Esta nueva área también puede asistir al diseño de implantes y órganos artificiales así como el descubrimiento de drogas innovativas y personalizadas.

El campo de las imágenes moleculares es promisorio no solamente para la predicción y el diagnóstico temprano de enfermedades, sino también para terapias y finalmente para la provisión personalizada de medicinas y cuidados. En principio esta disciplina posibilita la visualización y tratamiento de procesos biológicos “muy pequeños” que pueden resultar en patologías del tipo de las células cancerosas. Hasta el momento, la mayor parte del trabajo se ha concentrado sobre las más acuciantes y fundamentales necesidades tecnológicas, como fusión de datos de imágenes de múltiples fuentes. La investigación futura debería orientarse al desarrollo de herramientas computacionales que permitan mejorar la comprensión de las imágenes moleculares, vincular estas imágenes a sistemas de ayuda a la decisión y permitir el uso de modelos humanos virtuales para el desarrollo de drogas más eficientes y personalizadas.

353

### **A.1.5. Prevención y tratamiento de enfermedades**

El tema central de investigación relacionado con prevención y tratamiento de enfermedades es el de los Sistemas Personales para la Salud; este tipo de sistemas pueden ser portátiles o implantables así como también los dispositivos de diagnóstico “Point of Care”, y son una de las claves para que las personas puedan conocer y controlar su propio estado de salud y ayudarlos en su educación para la salud.

Los sistemas personales para la salud pueden facilitar el diagnóstico temprano de enfermedades y permiten el tratamiento remoto de enfermedades crónicas.

Las líneas de investigación en TIC relacionadas con esta temática incluyen:

- Desarrollo e integración de biosensores
- Unidades de comunicaciones, control y procesamiento inalámbricas
- Sistema basados en conocimiento
- Algoritmos para apoyo a la toma de decisiones en sistemas portátiles e implantables

Otros temas importantes que requieren de investigación y desarrollo son:

- Servicios de apoyo a telemedicina basados en sistemas integrados de comunicación fija e inalámbrica.
- Desarrollo de órganos artificiales portátiles e implantables.

### **A.1.6. Control de Riesgos de Salud**

Uno de los desafíos para los futuros desarrollos de las aplicaciones de las TIC a la salud serán el control y manejo de los riesgos para la salud y la seguridad de los pacientes.

Sobre la base de las historias clínicas electrónicas es importante investigar y desarrollar sobre:

- Técnicas de data mining
- Sistemas de reportes de eventos adversos
- Algoritmos de evaluación de riesgos
- Algoritmos de soporte a la decisión

que pueden ayudar a prevenir reacciones adversas a drogas y procedimientos riesgosos.

Otras líneas de investigación relevantes para esta temática son:

- Modelos y simulación de “itinerarios de salud” (health pathways) que permitirían identificar todos los posibles riesgos que podrían amenazar la salud de una persona. Más aún, utilizados en conjunto con el perfil de un paciente podrían determinar cuantitativamente los riesgos asociados con cada tratamiento u operación a los que se podría someter una persona.
- Herramientas para monitoreo y manejo de riesgos de eventos de gran escala, del tipo de la propagación de una pandemia o un ataque bio-terrorista.

354

### **A.1.7. Infraestructura para investigación biomédica**

El tópico fundamental para el área de las TIC en relación a potenciar la investigación biomédica y sus aplicaciones es el concepto de HealthGrid (ver, <http://www.healthgrid.org>). Esta noción describe el uso de tecnologías Grid en el campo de las biomedicina y representa no solamente el acceso y utilización de grandes masas de datos distribuidas, sino también, y principalmente, una infraestructura de muy alta performance y alto rendimiento para aplicaciones computacionalmente complejas y demandantes, así como un ambiente para problem-solving en investigación biomédica. Por otro lado, el desarrollo de este tipo de tecnologías podrá servir de base para potenciar varios campos de investigación en eHealth, particularmente en el dominio de Virtual Physiological Human antes mencionado.

Desde el punto de vista de la provisión de servicios el concepto de HealthGrid puede ser de gran utilidad para la puesta en marcha de redes de información médica y jugar un rol importante en el diseño de estándares para interoperabilidad. Por otra parte, esta visión requiere de acciones de investigación y desarrollo cooperativas en varias áreas de las TIC, entre ellas:

- Grid middleware
- Implementación de infraestructuras para grid computing.
- Diseño e implementación (y eventualmente reingeniería) de aplicaciones grid para biomedicina

## **A.2. Educación y Aprendizaje: Aprender en la Sociedad del Conocimiento**

El crecimiento y desarrollo de la economía y la sociedad requieren, y requerirán aún más en las próximas décadas una mejora sustancial en los sistemas de educación y entrenamiento para todos los ciudadanos; en esto coinciden todos los gobiernos y especialistas en el mundo. Se trata de un desafío mayor, particularmente para los países subdesarrollados y en vías de desarrollo. La Sociedad del Conocimiento requiere acceso universal al conocimiento y más todavía dominio del conocimiento puesto en acción.

En Latinoamérica, y en Argentina en particular, hay una urgente necesidad de cambios profundos, comenzando por garantizar niveles mayores de educación y entrenamiento para toda la población, pero también desarrollar las nuevas habilidades y competencias requeridas para asegurar la competitividad y el acceso a las nuevas oportunidades (por ejemplo, la industria del software y otros segmentos intensivos en conocimiento). El desarrollo de la sociedad de la información y la amplia difusión de las TIC dan lugar a nuevas competencias y habilidades “digitales”, necesarias para el empleo, educación y entrenamiento, y participación en la sociedad.

355

Las tecnologías, especialmente las TIC, tienen un rol particular en la concreción de estos cambios; es imposible imaginar un futuro sistema de aprendizaje (incluyendo aprendizaje formal e informal) sin una componente importante de utilización de las TIC. Los responsables de la educación deben tomar en cuenta este nuevo escenario y deben actuar en consecuencia a través de una visión estratégica y proactiva que parta de la base de prever el futuro escenario educativo, antes que seguir una estrategia adaptativa que reaccione a los nuevos requerimientos en la medida que van apareciendo.

### **A.2.1. Los objetivos de aprender**

En muchos casos el debate sobre el futuro del aprendizaje se enfoca en objetivos instrumentales, relacionados con la adaptación de las instituciones de enseñanza y la fuerza de trabajo a los requerimientos de la economía del conocimiento. Atacar esta problemática es, per se, un desafío mayor para los responsables de estas áreas tanto públicos como privados, y es claro que aún resta “casi todo”

por hacer en esta dirección para lograr una sintonía adecuada entre formación y necesidades del mundo laboral, en especial en los segmentos vinculados con la “nueva economía”. Sin embargo hay mucho más por pensar y hacer. El aprendizaje es central en la sociedad del conocimiento en tanto resulta un prerrequisito para la ciudadanía y la realización individual de las personas; los objetivos del aprendizaje, tales como la competencia social, pensamiento crítico, construir y compartir conocimientos, trabajo en equipo, cooperación, etc. no pueden ni deben ser omitidos. Ambos tipos de objetivos –“instrumentales” y ético-sociales– están ligados indisolublemente al tipo de sociedad del conocimiento que se busca construir y deben estar en la base de la estrategia de desarrollo que se mencionó anteriormente.

Una reflexión general acerca del futuro del aprendizaje en la sociedad del conocimiento debe ser necesariamente holística en tanto el aprendizaje se vuelve cada día más una actividad permanente a lo largo de toda la vida que cruza a diferentes generaciones y esferas de la vida tales como privada, pública y laboral. En consecuencia, el foco no debería estar puesto en las tradicionales instituciones de la educación formal tales como escuelas y universidades, y las actuales organizaciones y prácticas de entrenamiento, sino que deberá abarcar también otras formas de educación de adultos, aprendizaje informal y también aprendizaje para el uso de TIC. En este último aspecto es importante reconocer que no se trata solamente de “alfabetización digital” (es decir, aprender a operar la tecnología) sino también de habilidades superiores relacionadas con aprender y comprender que significa vivir en una sociedad cada vez más digitalizada y que funciona en red. Esto vale tanto para los estudiantes como para los educadores.

356

### **A.2.2. Tendencias y desafíos para el aprendizaje en la sociedad del conocimiento**

El aprendizaje del futuro en la sociedad del conocimiento estará moldeado por una cantidad de desafíos e innovaciones que ya comienzan a tomar cuerpo en la actualidad y de las cuales es necesario tomar debida cuenta para poder comprender y planear el futuro. Algunas de las cuestiones y novedades tecnológicas que sin dudas influirán en las nuevas formas de aprendizaje son:

- Generalización del acceso a Internet de banda ancha;
- Weblogging, Short Message Service (SMS) and Multimedia Message Service (MMS) que se van transformando en las principales fuentes de personalización de la información y de conexión en redes interpersonales.
- La irrupción del “podcasting” (audio y video) que provee oportunidades –mayormente inexploradas aún– para el aprendizaje través de medios digitales móviles;
- La disponibilidad de software y contenidos “open source” (por ejemplo, Wikipedia, Open Content-UNESCO), y el almacenamiento de información potencialmente ilimitado y barato;

- La aparición de nuevos productores de contenidos en Internet que experimentan con servicios que poseen implicaciones claramente educativas (Google Scholar, Google University Search, Yahoooligans!, o Yahoo! Webguide, etc.).

Otras cuestiones tecnológicas principales son la convergencia de infraestructuras (integrando radio, teléfono, datos y otras redes), el crecimiento de las tecnologías inalámbricas (p.ej, WiFi), la convergencia contenidos/medios (diarios, música, TV, blogs, etc.), dispositivos multimodales (p.e., nuevos teléfonos móviles: fotos, email, web, juegos, video, radio y teléfono).

En este contexto, aparecen las visiones de diversos países y regiones acerca de la futura sociedad de la información. De particular interés es la visión finlandesa que aparece como vanguardia de la visión regional de la UE denominada “Ambient Intelligence” que integra la direcciones de desarrollo tecnológico conectando hombres, maquinas y sensores en redes heterogéneas y ubicuas, dando principal importancia a las interfaces “amigables y centradas en las personas”.

Los desafíos y las tenencias tecnológicas indicadas deben sin dudas ser abordadas por los países latinoamericanos y en particular por la Argentina, sin embargo esto sólo tendrá impacto en la medida que se atiendan los desafíos y tendencias sociales que la región y el país tiene por delante, y que tienen impacto sustancial para el aprendizaje ahora y en el futuro.

Junto con la emergencia de nuevas habilidades y competencias ya mencionados, es necesario atender las enormes diferencias sociales y las no menores porciones de la sociedad excluidas de los sistemas educativos y de desarrollo social. Sin atender estas problemáticas es factible que el desarrollo de las tecnologías solamente aumente las brechas digital y social existentes. Algunas de las políticas iniciadas últimamente en países como Argentina y Brasil parecen ir en la dirección correcta, sin embargo, todavía resta mucho por andar. Resulta fundamental un aumento sostenido de los presupuestos para la educación, formación profesional y entrenamiento; la disminución de estos presupuestos redundaron en épocas recientes en una baja en la calidad de la educación y dieron lugar a una tendencia a la privatización de la educación, que por otro lado no generó un aumento en la calidad educativa, particularmente en el nivel universitario.

La inversión en TIC para la educación debe realizarse en el contexto de un cambio estructural profundo del sistema de educación y formación públicos, de manera consistente y juiciosa, de modo que la misma no aparezca como un costo adicional sino como un instrumento eficiente que ayude a la equidad y a la vez pueda resultar en potenciales ahorros de los fondos públicos; esto último es uno de los desafíos centrales de la educación y el entrenamiento futuros. Dicho más claramente: Existe un considerable riesgo de que los grupos sociales excluidos y marginales de la sociedad no puedan beneficiarse –y aún que resulten perjudicados– por las nuevas oportunidades que brindan las TIC. En consecuencia, es necesario realizar esfuerzos específicos para asegurar que todos puedan adquirir las necesarias competencias digitales en la sociedad de la información

así como aprender y desarrollar otras competencias claves a través de las TIC para su participación plena en la sociedad. La formulación de los objetivos del aprendizaje en esta dirección son precondiciones esenciales para la inclusión, bienestar y éxito individual y colectivo en la sociedad del conocimiento.

### A.2.3. Las TIC y el aprendizaje

En una dirección complementaria, muchas novedosas aplicaciones de las TIC al aprendizaje se utilizan y podrían ser empleados en los futuros ambientes educativos; por esta vía es posible contribuir a generar mejores procesos de aprendizaje, diferentes, más interesantes, entretenidos, atractivos y más relevantes que los de hoy en día. Se trata fundamentalmente de aprendizajes basados en la experiencia a través de “inmersión” en mundos virtuales, aprendizaje experimental vía simulaciones generadas por computadoras, “pedagogic veils” (es decir, productos que enseñan como se los usa) y objetos pedagógicos de aprendizaje; apoyo para personas con necesidades especiales y/o dificultades cognitivas; como se mencionó antes, utilización de podcasting y blogging, y Learning Contents Management Systems (LCMS).

358 El potencial de estos sistemas es enorme, sin embargo, serán plenamente efectivos solamente si se los incorpora a una visión del aprendizaje en el futuro que tome en cuenta la marcha hacia una sociedad del conocimiento digitalizada y en red, en la cual quien aprende debe ser un productor en el proceso y no simplemente un receptor de los contenidos del aprendizaje; en la que se deben combinar flexibilidad, amigabilidad y diferentes estilos digitales de enseñanza-aprendizaje; y, finalmente, donde el aprendizaje se concreta como un proceso social y no una actividad individual sin instructor, generada por una computadora. Last but not least, es necesario reiterar que tal potencial tecnológico solamente puede aplicarse con éxito si va acompañado por los indispensables cambios sociales e institucionales antes mencionados.

Una contradicción objetiva dominará seguramente el proceso de transición hacia las nuevas formas de aprendizaje, y es posible que este proceso sea complejo y problemático: el cambio tecnológico es rápido y pleno de oportunidades pero también impredecible y lleno de incertidumbres; en tanto la pedagogía y las instituciones educativas requieren de estabilidad y certidumbre para proveer calidad y equidad en educación.

Esta situación crea tensiones que dificultan notoriamente el diseño e implementación del cambio en el ámbito de la educación institucionalizada, y remarca la importancia de reconocer y tener en cuenta que la tecnología per se, tan poderosa como parece, no puede cambiar las cosas. El potencial de las nuevas tecnologías sólo puede explotarse en toda su dimensión cuando las mismas están inmersas en un contexto social abierto a la innovación y apoyado por un ambiente político favorable. Esto también explica porqué el cambio tecnológico toma siempre más tiempo que el previsto.... Las instituciones y las personas no son inherentemente

hostiles al cambio, pero deben existir incentivos suficientes para que el cambio sea lo suficientemente atractivo. Los nuevos requerimientos del aprendizaje también demandan esfuerzos especiales para “capacitar a los capacitadores” que deben adquirir nuevas habilidades y competencias, no solamente en el dominio de las tecnologías, sino también para interactuar con una audiencia que se torna cada vez más diversa en términos de edad, expectativas y motivaciones. Los instructores deben aprender a enseñar de manera diferente en tanto el aprendizaje se vuelve cada vez más flexible, dinámico y personalizado.

#### **A.2.4. La agenda de investigación y desarrollo**

Los cambios y desafíos antes resumidos requieren investigaciones específicas en varios campos fundamentales en la intersección entre aprendizaje y TIC. Por una parte, la investigación socio-técnica debería abordar, al menos, los siguientes temas:

- El rol y la contribución de las TIC en relación con los objetivos del aprendizaje del futuro.
- El impacto de las TIC sobre el conocimiento y las habilidades cognitivas
- Las relaciones entre e-identidad, autoestima, privacidad y aprendizaje
- El aprendizaje continuo a lo largo de la vida y las nuevas formas de aprendizaje a través de la incorporación de las TIC en el trabajo y la vida cotidiana.
- La relación entre las nuevas formas de aprendizaje basadas en las TIC y la inclusión social.

359

Por otra parte, la investigación tecnológica debería estar relacionada con las nuevas formas y contenidos del aprendizaje mediados por las TIC:

- Interfases y contenidos para aprendizaje intuitivo y flexible
- Combinación de ambientes para aprendizaje físicos y virtuales
- Contenidos “sensibles al contexto”
- Dispositivos, comunicaciones y software para aprender “en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier forma”, en especial en el marco del aprendizaje a lo largo de la vida.

Finalmente, son necesarios esfuerzos especiales en la investigación conjunta entre la tecnología y las ciencias de la educación para entender mejor y lograr manejar el cambio en general, así como para lograr que las TIC en particular jueguen un rol de catalizador del cambio. Esto incluye en primer lugar un examen profundo de las currículas y los mecanismos de evaluación y acreditación, así como una búsqueda para identificar los agentes de cambio y los potenciales líderes, y analizar las estructuras institucionales para adaptarlas a las nuevas necesidades relacionadas a generar muchas oportunidades para más y mejor aprendizaje, educación y entrenamiento en la sociedad basada en el conocimiento.

### **A.2.5. Cambio Social, Educación y TIC**

La vibrante transformación socioeconómica que va dando lugar al nacimiento de la sociedad del conocimiento tendrá un impacto muy profundo en las instituciones educativas y en los procesos de aprendizaje. Las tecnologías de la información y las comunicaciones estarán más y más integradas a la vida diaria de las personas. Los trabajadores y estudiantes usarán las TIC como extensiones naturales de su cognición, y la línea divisoria entre los ámbitos material, informacional y mental será cada vez más difícil de trazar.

El aprendizaje es el elemento distintivo entre la sociedad del conocimiento y la sociedad de la información. Así, aprendizaje, innovación y creación de conocimiento están en el núcleo del naciente ordenamiento socioeconómico. El nuevo mundo emergente es global, multicultural e interconectado, en este contexto, es muy difícil pensar la función de la educación como la transferencia de conocimientos y sistemas culturales preexistentes.

360 En el futuro, el rol adaptativo y civilizador de la educación deberá combinarse de nuevas formas con su rol creativo, transformador y de herramienta para el desarrollo, y también habrá que preguntarse qué significa exactamente desarrollo en este contexto. El cambio institucional es, en todos los aspectos, difícil, y una de las claves del éxito en este proceso de transformación socioeconómica es que las propias instituciones y sistemas educativos aprendan a cambiar, y que los gobiernos lo hagan posible. Este es el desafío mayor para los educadores en los próximos 15 años.

Para abordar este cambio es necesario imaginar un mundo en el cual las instituciones educativas se alineen correctamente con las necesidades de las personas en las diferentes etapas de la vida, así como con los objetivos políticos compartidos de las TIC seguramente tendrán una influencia relevante tanto en la demanda de educación y training como en los procesos de aprendizaje. Oportunidades radicalmente nuevas ya están emergiendo y requieren escenarios innovadores y reflexión crítica para evitar crisis innecesarias y beneficiarse de las oportunidades emergentes.

### **A.2.6. Las TIC y la educación en Argentina**

En términos generales la Argentina –como en tantas otras materias– ha tenido una historia espasmódica en cuanto a la promoción de las TIC como herramienta para la educación y el aprendizaje. Numerosas “campañas” se han llevado adelante desde organismos públicos nacionales y locales con el objetivo de incorporar TIC en la educación. Sin embargo, ninguna de ellas ha ido mucho más allá que la distribución de equipamiento en escuelas o centros comunitarios. El autor no ha encontrado ni recuerda intentos de modificaciones institucionales ni capacitación razonable y sistemática de docentes para aprovechar las potenciales capacidades de las TIC en el aprendizaje.

En varias universidades se iniciaron en distintos momentos carreras de grado para formar docentes en informática para la educación básica y/o media. Sin embargo, estas carreras tuvieron poco o ningún éxito por motivos diversos; por una parte, no han tenido una salida laboral importante ante la falta de cursos curriculares en la enseñanza media en algunas provincias, por otro lado, se han considerado carreras “menores” frente a las licenciaturas o ingenierías en computación y/o sistemas.

En el campo de la investigación y desarrollo, el área de e-learning y de educación vinculada con la tecnología en general ha sido considerada –igual que en el caso de las carreras– un “tema menor” dentro del sistema científico y tecnológico vinculado con las TIC. Por cierto, una nueva muestra patética de la vocación de dependencia, esta vez en la cabeza de los científicos y responsables de la ciencia y la tecnología.

Por cierto, y a pesar de todo, existen algunas buenas experiencias en el campo de la aplicación de las TIC en la educación. La mayor parte de ellas vinculadas con la “educación a distancia” y la utilización y el desarrollo de plataformas de e-learning, como en el caso de la Universidad Tecnológica Nacional, Universidades del Litoral, Buenos Aires, La Plata, Quilmes, entre otras. También existen experiencias exitosas en el campo de e-learning desarrolladas por empresas –en este punto, debe destacarse la de “Competir.com” que obtuvo un premio internacional en la Cumbre de la Sociedad de la Información en Túnez en 2006–.

Al igual que en la mayor parte de las áreas de las TIC, la Argentina exhibe un retraso considerable y cuenta con recursos humanos escasos, aunque relativamente capacitados y talentosos. Tanto a nivel académico como empresario es factible dar un salto cualitativo que ubique a la Argentina en un lugar de consideración entre los países periféricos. De hecho, algunas experiencias tanto del sector universitario como académico muestra que es factible hacerlo. Un argumento no menor para ello es la riquísima tradición educativa y de producción de contenidos que ha tenido –y aún conserva en parte– por décadas el país y que, de muchas maneras está presente e influye positivamente en los programas y proyectos que se han desarrollado en este campo. El reciente anuncio sobre la adhesión de Argentina al proyecto de MIT denominado One Laptop Per Child (OLPC) puede constituir un paso importante si es que se toman las decisiones y medidas correctas, y si se lo considera exactamente eso: un paso en el contexto de una solución general, por cierto aún no esclarecida por completo. Claramente, puede también ser un fracaso como tantos otros.

La Argentina requiere un profundo cambio en su sistema educativo, en muchos casos comenzando por la refundación de áreas completas como la de la educación técnica media y superior no universitaria. Se trata de un problema de enorme magnitud y trascendencia política, económica y social, que naturalmente trasciende a la tecnología y a las TIC en particular. De todas formas, la situación de crisis encierra en sí misma la oportunidad de (re)comenzar por el camino correcto, y en este punto la utilización correcta de las TIC puede ser un “enabler” importante para ayudar y facilitar la tarea.

Desde el punto de vista político, sumadas a las recomendaciones de carácter científico y tecnológico antes mencionadas, es importante agregar:

- Incrementar la inversión en formación docente en todos los niveles
- Jerarquizar la profesión docente desde todo punto de vista
- Cambiar radicalmente el perfil de formación de los docentes para prepararlos para que puedan cumplir su rol en la sociedad del conocimiento.
- Cambiar en igual sentido los contenidos, metodologías y formas de enseñanza/aprendizaje
- Aumentar la inversión en equipamiento y conectividad de las instituciones educativas en el marco de un programa de educación consistente.
- Jerarquizar las actividades de investigación, desarrollo e innovación relacionadas con la educación en el sistema científico y tecnológico.
- Impulsar programas de educación y aprendizaje en el trabajo en las empresas pymes
- Impulsar programas nacionales de alfabetización digital y de adopción de las TIC para el trabajo y la vida cotidiana, particularmente en las regiones con mayor pobreza y exclusión social.

## A.3. Gobierno Electrónico

362

### A.3.1. Breve descripción del grupo

El presente documento sintetiza los aportes realizados al desarrollo de una estrategia de Gobierno Electrónico por parte del Foro Informático de la Administración Pública Nacional entre Octubre de 2002 y Marzo de 2008. En sus diferentes momentos y actividades, dicho espacio ha congregado a más de 1000 personas entre agentes estatales, funcionarios, miembros de la sociedad civil, empresarios y académicos, contando con la participación de actores de los tres poderes, los tres niveles de gobierno, además de contribuciones del extranjero.

El Gobierno Electrónico se define como un *nuevo modelo de gobierno y de gobernanza* (e-Governance) acorde a las aspiraciones deseables bajo el paradigma de lo que se ha dado en llamar como la “Sociedad de la Información y el Conocimiento”. En este contexto, es posible aproximarse a una definición del Gobierno Electrónico expresando que:

*el Gobierno Electrónico (GE) es el resultado del uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones por parte de las instituciones del Estado, con el objeto de crear un nuevo modelo de administración pública, de mejorar cualitativamente la provisión de los servicios e información a los ciudadanos, de aumentar la eficiencia, la eficacia y la transparencia del sector público, y de avanzar hacia la So-*

*ciudad de la Información y el Conocimiento con la plena participación de la ciudadanía.*

Al respecto, se puede sintetizar su objetivo primordial con la siguiente ecuación:

### **e-Gov = Gobierno + TIC + Servicios + Sociedad**

El concepto emergente de esta definición implica que el Gobierno Electrónico se plantea como una oportunidad para diseñar la evolución del Estado y ofrecer una nueva forma de gobernar centrada por completo en el ciudadano.

No se trata sólo de la incorporación de tecnología, sino también y principalmente de un cambio de las estructuras formales y prácticas organizacionales de las agencias del Estado; cambio enfocado en la provisión de servicios al ciudadano bajo una dinámica de gestión centrada en resultados, lo que representa un reto de transformación en cuatro dimensiones:

- Mejorar la administración del Estado.
- Mejorar el desempeño de los recursos humanos.
- Mejorar el acceso a la información pública.
- Mejorar la calidad de los servicios y la relación con la ciudadanía.

Bien entendido como tal, el Gobierno Electrónico (GE) utiliza a la tecnología como herramienta para producir modificaciones en las rutinas y mecanismos de gestión de los asuntos públicos –en línea con una reforma del Estado– promoviendo la transparencia y la agilización igualitaria de los procedimientos burocráticos, y permitiendo a los ciudadanos participar con mayor control y disponibilidad de información de los procesos políticos que afectan sus vidas.

363

[1] E-Government, Literature Review, Management Priorities and Senior Personnel Secretariat, Government of Canada. Septiembre 12, 2001

Si bien de la definición precedente surge un universo muy amplio y diverso de tópicos de potencial tratamiento, este trabajo pretende concentrarse básicamente en lo que se denomina como *administración electrónica*.

La e-administración, o administración electrónica, refiere cualquier mecanismo que transforma digitalmente a las oficinas tradicionales, convirtiendo los procesos y procedimientos llevados a cabo y documentados en papel a procesos electrónicos, con el objeto de crear una oficina sin papeles. Esta es una herramienta que se utiliza para mejorar la productividad del personal y de cada dependencia gubernamental, simplificando los diferentes procesos y rutinas del día a día que se realizan en las diferentes organizaciones del Estado.

La e-administración alcanza tanto a las comunicaciones internas de una oficina como las comunicaciones entre oficinas de diferentes organizaciones.

Otro de los objetivos primordiales de un gobierno cualesquiera sea se basa en la

responsabilidad pública que implica alcanzar un mejor “e-gobierno” dentro de las organizaciones que componen el Estado.

En ese sentido, para la puesta en marcha de la e-administración, resulta de capital importancia generar un cambio en la concepción cultural tradicional que supone que la *organización gubernamental* es el centro de atención de la acción del Estado y del Gobierno, orientando ese cambio en dirección a un modelo de gestión en el cual el ciudadano como cliente es el destinatario último y centro de todas las actividades de la organización. Por ello es que resulta imperioso introducir sistemas transparentes de trabajo, eliminando la dependencia específica de personas para realizar las diferentes tareas.

La E-administración se ha visto impulsada por la aparición de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), facilitando a los clientes la interacción con las organizaciones, así como flexibilizando las condiciones de trabajo de los trabajadores -flexibilidad horaria, “tele-trabajo”, movilidad, etc.

Las ventajas que presenta la e-administración para los clientes de las organizaciones son:

- Disponibilidad: se hace posible interactuar con las organizaciones las 24 horas del día (por teléfono con servicios de atención telefónica, o por internet a través de oficinas virtuales). No es necesario cernirse a un horario de oficinas.
- Facilidad de acceso: Ya no se vuelve indispensable acudir a la oficina presencial de la organización para realizar la mayoría de las gestiones cotidianas; el estado del arte en tecnología permite realizarlas desde cualquier parte del mundo, a través del teléfono o por internet. Las oficinas están disponibles para los usuarios en cualquier lugar.
- Ahorro de tiempo: el acceso virtual de los usuarios a las gestiones cotidianas supone una enorme ganancia de tiempo tanto para los ciudadanos como para los propios organismos del Estado, lo que hace más eficiente y menos costos.

364

### **A.3.2. Elementos para un escenario futuro**

Como ninguna definición estructurada a los efectos de describir futuros posibles resulta neutra, entre los diferentes modos de aproximación se puede pensar la e-administración como un listado de acciones predeterminadas que plantean la incorporación de tecnología de tal modo que mejore la eficiencia del Estado en la prestación de servicios hacia el ciudadano.

Consecuentemente, el país que mejor Gobierno Electrónico desarrolle será aquel que logre destinar importantes masas de recursos al desarrollo de las diferentes “capas tecnológicas” necesarias, contratando a proveedores de tecnología que implementen las soluciones que *ya existen*, y disciplinando la conocida *resistencia interna* de las estructuras sociales que se plantea por lo general ante

modificaciones en las rutinas y ritmos de trabajo que constituyen parte de la idiosincrasia de dichas estructuras.

En forma consistente, los capítulos a resolver se reducen y simplifican: la cuestión por resolver es la consabida torpeza de los mecanismos burocráticos de compras y la burocracia interna, que en este esquema no pasa de ser un *partenaire* molesto y por definición resistente a la modernización encarnada en actores necesariamente externos a la estructura estatal.

Sin embargo, el desafío anticipa una gran cantidad de factores y lógicas que intervienen en la construcción cierta de un futuro deseable, y que muy sintéticamente se enumeran a continuación.

1. En cada una de sus áreas, agencias, instituciones y organismos, el Estado se constituye como un espacio donde se desarrollan pujas sectoriales que permiten o entorpecen, con gran variación de un área a otra, el desarrollo de proyectos de modernización Administrativa. Consecuentemente, esto condiciona grandemente la aplicación de “recetas” tecnológicas generales.
2. La agenda pública definida en cada momento por la sociedad problematiza y prioriza determinadas cuestiones por sobre otras (como ser seguridad, salud, la lucha contra la pobreza, el desarrollo industrial y tecnológico, exportación, etc.). Los beneficios del gobierno electrónico deberían dirigirse a esas políticas y no generar artificialmente una agenda paralela y sin vinculación efectiva con esas políticas públicas de aplicación “vertical”.
3. Existen varias “capas” o “niveles” que es preciso encarar desde una política de promoción del gobierno electrónico para ser factible. Algunas de esas capas o niveles podrían ser:
  - *Organizacional / Política*: Involucra las transformaciones normativas, los acuerdos políticos, la reformulación de procesos, el cambio cultural y la gestión de conocimiento a realizar hacia el interior de la administración. La formalización de comunidades de información como podrían ser la de salud, la ambiental, la tributaria, la previsional, la de exportación, resultan herramientas muy útiles como mediadores entre las diferentes áreas de la administración y las coordinaciones de Gobierno Electrónico, que en general carecen de recursos y capacidad para percibir y actuar sobre las realidades informacionales, tecnológicas y administrativas de cada sector de actividad en particular.
  - *Informacional*: el desarrollo de estándares semánticos, sintácticos para la gestión e intercambio de información constituye una base ineludible para la integración de servicios a efectos de hacer posible el “one stop government” que implica el desarrollo de ventanillas únicas que unifiquen servicios de diferentes.

- *Infraestructural*: el soporte físico de las comunicaciones, el hardware y el software de base están involucrados en esta capa.
- *De aplicaciones*: El desarrollo e implementación del software que haga posible la creación e integración de servicios plantea un desafío para la industria, pero también un esfuerzo para la administración pública en términos de garantizar la reutilización de elementos de software entre las diferentes áreas.

Este listado –no taxativo– pretende señalar que existen desafíos que tendrán a la industria como protagonista y proveedor central en lo referido a la infraestructura tecnológica del Estado, sin embargo al mismo tiempo requerirá el trabajo y la producción por parte de la propia gestión de las agencias estatales de las herramientas complementarias indispensables, como los estándares de información, los vocabularios controlados y la formación tecnológica de un cuerpo de agentes que ejecutarán las tareas cotidianas de este tipo, todos aquellos que operarán a diario con estos sistemas.

En consecuencia, sin la convergencia de actores de la industria, de las burocracias estatales, de la sociedad, y de la academia con su vinculación a las políticas públicas verticales del estado, el modelo quedará incompleto y no será factible de concretar.

366

4. La gestión del conocimiento y la estructuración de consensos tanto de la administración pública para con la sociedad, como entre los actores intraestatales, responsables de la estructuración de soluciones, obligan a la generación de espacios virtuales y presenciales que coadyuven al logro de tales fines.

A partir de las definiciones precedentes, se enuncian las líneas estratégicas a promover como objetivos de todas las iniciativas que se planteen, y los focos tecnológicos de aplicación que surgen de ahí. El desarrollo y la adaptación de esas herramientas constituyen una demanda permanente, cuya cobertura será muy difícil sin esfuerzos de investigación, prueba y homologación de tales productos. Tal concepto se pretende relacionado tanto con desarrollos duros como son aplicativos o middlewares, como con desarrollos blandos como son las ontologías, las licencias para la transferencia de software y la homologación de software libre / open source.

### **A.3.3. Lineamientos estratégicos en Gobierno Electrónico**

Se plantean aquí las líneas de acción necesarias de ejecutar para promover un desarrollo del Gobierno Electrónico en nuestro país, de acuerdo a los preceptos ya planteados:

- Desarrollar aplicaciones reutilizables y compatibles funcionalmente a diferentes áreas de la administración pública.

- Fomentar la utilización de herramientas de trabajo colaborativo y compartido en el sector público, armonizándola con iniciativas específicas de cambio organizacional en cada caso –para superar las resistencias ya mencionadas, propias de una transformación de este tipo– y con la política de recursos humanos.
- Desarrollar instrumentos tecnológicos y promover la formación de recursos humanos que faciliten la integración e intercambio de información, permitiendo alcanzar la simplificación registral y la estructuración de ventanillas únicas a nivel de toda la administración pública y de cada comunidad de información.
- Sentar las bases para la formación de recursos humanos en “gestión de la Información” en organizaciones.

### **A.3.4. Focos tecnológicos de aplicación**

#### *Verticales*

##### **Educación**

Desarrollo de entornos de e-learning multimedia con utilización intensiva de la televisión IP.

Utilización de la Web 2.0 para la formación por intercambio y colaboración.

Política de gestión de contenidos definida, incluyendo un fuerte apoyo en su licenciamiento a efectos del desarrollo incremental colaborativo de tales contenidos.

367

##### **Salud**

Sistema Nacional Integrado de información

Informatización de prestadores públicos de salud. Sistemas de información hospitalaria.

Sistema Único de Identificación de usuarios. Tarjeta de salud

Historia clínica única

Administración General del Estado

1. Desarrollo de ERP, CRM, Datawarehouse, workflows en los organismos del estado.
2. Sistema avanzado para la validación e identificación de personas para el Gobierno Electrónico.
3. Difusión e integración de Sistemas de Gestión de RRHH
4. Sistema integrado de Seguimiento de Expedientes y Trámites (workflow + documento electrónico)
5. Sistema integrado de información financiera
6. Registro de Servicios de Información del Estado
7. Registro Único de Software de la Administración Pública.
8. Desarrollo del Sistema de capacitación de la Administración Pública utilizando herramientas web 2.0 y aprovechando las oportunidades de la TV digital y televisión IP.

9. Desarrollo de estándares para el gobierno electrónico
10. Desarrollo de herramientas y programas de “mgovernment” (celulares + dispositivos de mano)

### **Desarrollo y Previsión Social**

- Sistema integrado de gestión de la asistencia social.
- Ventanilla única de trámites para la asistencia y su seguimiento

### **Justicia**

- Sistema Integrado de Información de Justicia
- Sistemas locales de gestión judicial.

### **Economía y Producción**

- Ventanillas Únicas para PyMEs
- Ventanilla única para exportadores
- Sistemas locales de gestión judicial.

### *Horizontales*

- Metadatos para Gobierno Electrónico: Conjunto de metadatos que permitan la catalogación de la información existente en soporte electrónico.
  - Herramientas: Desarrollo, adaptación de software para gestión de metadatos para la Administración Pública.
  - Desarrollo de Conjunto Mínimo de Metadatos Comunes y Perfiles de Aplicación.
- Desarrollo de una Currícula para la Formación de Gestores de Información.
- Desarrollo de Vocabularios Controlados para el Sector Público.:
  - Ontologías, Tesoros, Taxonomías.
- Comunidades de Información:
  - Estudio de su naturaleza
  - Definición de Modelos de Gestión y de conjunto de herramientas para las comunidades de Información.
- Reutilización de Software Libre o de Propiedad Estatal:
  - Modelos de Licenciamiento de Software
  - Desarrollo de un Catálogo/Repositorio de Software para la Administración pública.
  - Desarrollo de un Observatorio Permanente de software libre
    - Laboratorio de Homologación de SL.
- eDesarrollo de Registros
  - Registro de Servicios de Información:
  - Registro de Documentos Electrónicos de Archivo (Electrónicos Records) + Preservación