

LA FÍSICA TEÓRICA Y LA FÍSICA EXPERIMENTAL: SU RELACIÓN CON LOS ADELANTOS TECNOLÓGICOS

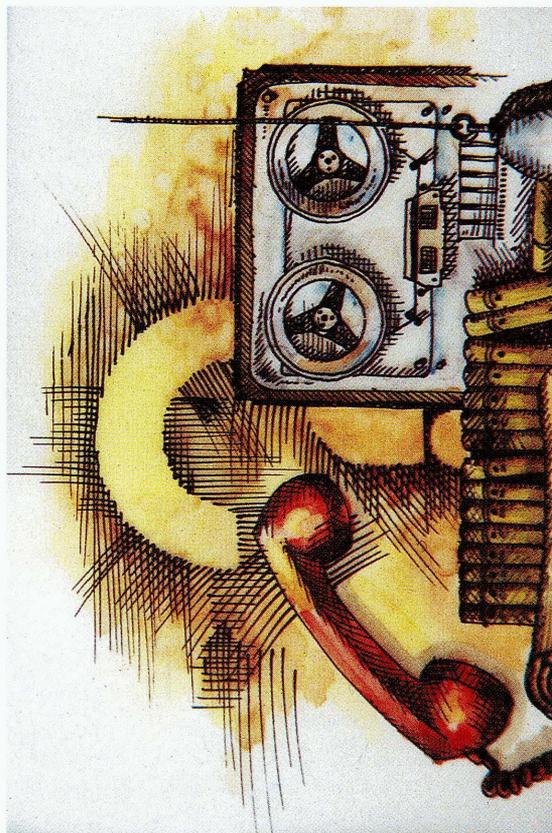
Por: **William A. Ponce Gutiérrez**
Profesor Universidad de Antioquia
Ph.D. University of Massachusetts

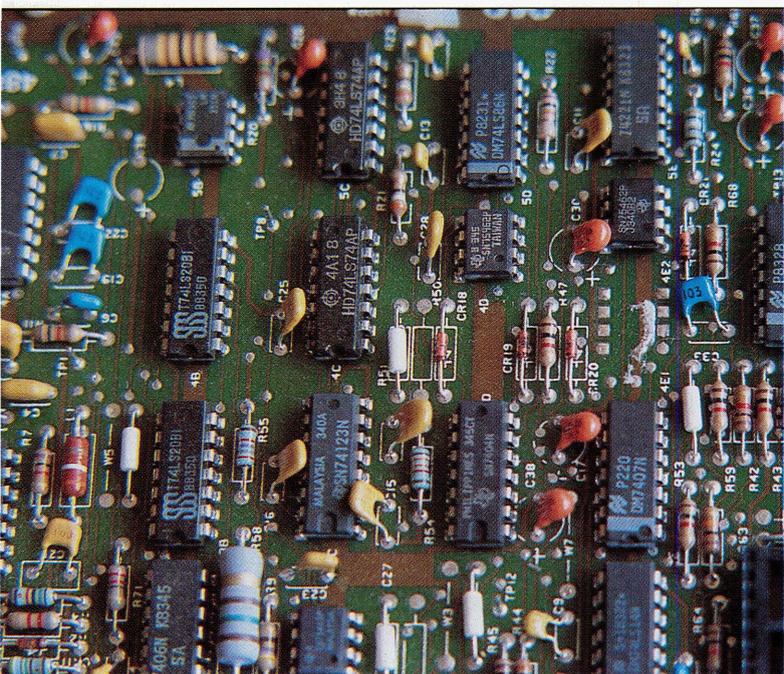
Si miramos detenidamente las cosas no naturales que nos rodean, nos daremos cuenta de que la tecnología, en su expresión más avanzada, nos ha invadido por completo, y de una manera tal que en forma inconsciente hacemos uso de aparatos muy sofisticados, los cuales tardaron muchos años en perfeccionarse, y en la mayoría de los casos requirieron el esfuerzo de muchos hombres y la puesta en práctica de ideas científicas brillantes, y hasta controvertidas en un tiempo. La gran mayoría de estos aparatos tienen como fundamento teorías de la física, y fueron desarrollados a través de una interrelación compleja entre teoría y praxis.

Para comenzar, hagamos un listado de algunos aparatos de uso cotidiano en nuestros hogares, con el ánimo de ver más adelante los varios aspectos tecnológicos y científicos que ellos encierran.

APARATOS COMUNES

Bombillas, lámparas, estufa eléctrica, teléfono, radio, automóvil, grabadora, tocadiscos, plancha eléctrica, horno de microondas, computadora, televisor, amplificador y preamplificador de sonido, cámara fotográfica, citófono, calculadora, nevera, "VHS", "viper" (ni siquiera versión española de estas dos palabras existe aún), etc.





⦿ SISTEMAS BASADOS EN MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES.
Fotografías tomadas de "Nuevo escenario de la Competitividad" Colciencias. 1998 Pag. 52. Camilo Gómez Durán

EL ELECTROMAGNETISMO

El listado anterior aunque diverso, tiene un elemento en común: la electricidad (o electromagnetismo para ser más precisos).

La historia del electromagnetismo es ancestral, pues ya en el año 1600 Gilbert hablaba de la fuerza eléctrica que se producía al frotar el ámbar, material que recibe el nombre de *elektron* en griego. Luego, en el siglo XVIII se desarrollaron las máquinas electrostáticas y Benjamin Franklin demostró en 1752 que el rayo era un fenómeno eléctrico. En el siglo XIX tiene lugar la revolución eléctrica, con múltiples estudios, trabajos experimentales y aplicaciones; de entre ellos sobresalen las demostraciones hechas por Faraday del efecto transformador, y de la primera máquina electromecánica en 1831.

Con el desarrollo del telégrafo comienza la era de la generación, transmisión, recepción y distribución de la energía eléctrica, naciendo de esta manera la Ingeniería Eléctrica. De extraordinaria importancia fue el aporte de Maxwell, que en 1865 nos dio la elegante teo-

ría integrada del campo electromagnético (nada hay tan práctico como una buena teoría, exclamaba Boltzman), la cual reduce a cuatro ecuaciones la explicación de todos los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos.

A finales del siglo pasado, la electricidad alcanzó un grado de desarrollo inusitado con la invención del alumbrado eléctrico, el servicio telefónico, la industria electroquímica, las centrales de generación de corriente directa y alterna, el uso de los motores eléctricos, los transformadores, la telegrafía por cable terrestre y submarino, y el comienzo del telégrafo sin hilos. El funcionamiento de todos esos aparatos tenía una explicación lógica en la teoría de Maxwell, pero eran solo el comienzo de la revolución tecnológica más grande que se daría solo un siglo después.

LA FÍSICA DE LOS CUANTA

El siglo pasado terminó con el gran descubrimiento hecho en 1897 por J.J. Thompson del electrón, como uno de los constituyentes fundamentales de la materia (la primera partícula

NO SOLO EL TRANSISTOR, SINO TODOS LOS APARATOS QUE NOS RODEAN HAN SIDO EL PRODUCTO DE LA CIENCIA, LA INGENIERÍA Y LA INVENTIVA DE LOS SERES HUMANOS.

Estas teorías, junto con la teoría electromagnética de Maxwell, son la base científica de todos y cada uno los electrodomésticos que usamos en nuestra vida diaria. Efectivamente, basado en estas teorías fue que el físico R.W. Pohl formuló en 1930 la teoría de los semiconductores que son aquellos materiales que tienen una

Los métodos matemáticos aplicados en esta área de la ciencia son variados y complejos, y abarcan áreas de la física como segunda cuantización, teorías de muchos cuerpos, métodos estadísticos, teorías de perturbaciones clásicas y cuánticas, fenómenos críticos, etc. Toda esta terminología tan común para un físico, se materializa en un diminuto dispositivo llamado transistor, componente esencial en la mayoría de los aparatos listados al comienzo.

El transistor es un pequeño dispositivo que explota las propiedades eléctricas a nivel atómico de la materia. Tiene sus orígenes en el primer tubo de vacío presentado por Fleming en 1904 y del triodo de vacío presentado por Lee De Forest en 1906 (llamado originalmente audión), los cuales básicamente permitían la ampliación de señales y que tuvieron su primera aplicación en la radiodifusión.

En realidad, fue el desarrollo de la radio en todas sus formas lo que impulsó la electrónica en la primera mitad de este siglo. Pero la génesis de la actual electrónica del estado sólido está en el descubrimiento hecho por Braun en 1874 del efecto de la rectificación de la corriente alterna utilizando una punta metálica sobre una piedra de galena. (Braun participó luego activamente en el desarrollo de la radio y obtuvo el premio Nobel en 1909 junto con Marconi por ese invento.)

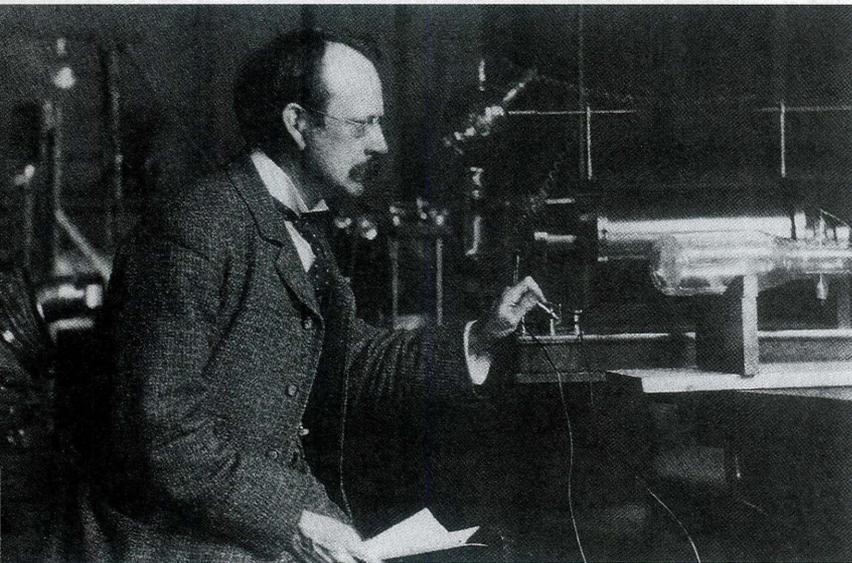
Durante la segunda guerra mundial, y como material estratégico de defensa, se desarrollaron tubos electrónicos de mayor frecuencia de operación y de mayor potencia, ampliando el espectro de frecuencias hacia las ondas centi-

la elemental que se descubrió), y a comienzos de este siglo se dio la gran revolución en la física teórica con el descubrimiento de la teoría de los cuanta por Planck (la que luego fue transformada en 1926 en mecánica cuántica por Heissenberg y Schrodinger), el descubrimiento de la relatividad especial por Einstein, la formulación de la física atómica por Niels Bohr y de la física nuclear por Rutherford. Esto llevó con el transcurso del siglo, a descubrimientos tales como el transistor, el láser, la energía atómica y nuclear, etc.

conductividad intermedia entre los metales y los dieléctricos. Y es precisamente en el campo de los semiconductores donde se hizo lo que para muchos es el descubrimiento más importante del siglo XX: «el transistor».

EL TRANSISTOR

La física de la materia condensada, antes llamada física del estado sólido, no es más que la aplicación de las teorías físicas del electromagnetismo y la mecánica cuántica a los cuerpos sólidos.



J.J. THOMSON EN SU LABORATORIO CON EL APARATO QUE USO PARA ENCONTRAR LA MASA DEL ELECTRÓN. Tomada de: *Fromquarks to the Cosmos*. Pág. 29

métricas, con el fin de ser utilizados en los radares. Al mismo tiempo en los laboratorios Bell de los Estados Unidos se trabajaba en la obtención, purificación y crecimiento de monocristales de germanio, con la idea de sustituir los relevadores mecánicos por dispositivos electrónicos en los conmutadores telefónicos. Fue precisamente en ese laboratorio, que el

Kilby y Noyce. Luego aparecerían los microprocesadores.

LA ELECTRÓNICA DIGITAL

Los transistores, circuitos integrados y microprocesadores, son los elementos esenciales de las computadoras modernas, las que constituyen el desarrollo más importante de la llamada electrónica digital.

la Universidad de Princeton con el EDVAC.

Tanto el ENIAC como el EDVAC eran máquinas de un tamaño descomunal construidas con válvulas de vacío, las cuales eran capaces de realizar operaciones matemáticas complejas, pero de una potencia mucho menor que nuestras actuales calculadoras de bolsillo.

Durante muchos años las aplicaciones de la electrónica digital se limitaron a los sistemas de cálculo y computación. Hoy en día su aplicación está en áreas tan diversas como la telefonía celular, la navegación aérea y marítima, la instrumentación médica, la robótica, el control de procesos industriales, la fabricación de materiales bélicos, la construcción de dispositivos teledirigidos, etc. Todo esto sin tener en cuenta que hoy para lo que menos se utilizan las computadoras personales es para hacer cálculos matemáticos.



A PARTIR DEL INVENTO DEL ÁBACO HACE MÁS DE 5.000 AÑOS, SE GENERARON NUEVAS MÁQUINAS PARA EL DESARROLLO DE CÁLCULOS MATEMÁTICOS.
Tomado de: Enciclopedia El Mundo de los Niños. Tomo N.13 Salvat Editores S.A, España 1985

16 de diciembre de 1947 John Bardeen (el único científico que a la fecha ha obtenido dos premios Nobel de física) y Walter Brattain, mostraron por primera vez el efecto transistor, el cual no es más que la amplificación de una señal eléctrica en un dispositivo totalmente de estado sólido, sin calentamiento.

En realidad lo que hicieron Bardeen y Brattain fue un invento más que un descubrimiento, el cual marcó el nacimiento de la microelectrónica moderna. El siguiente paso gigante en esta dirección se daría en 1959 con la invención del circuito integrado por

El concepto de computadora, una máquina para desarrollar cálculos matemáticos masivos, se remonta a más de 5.000 años atrás con el invento del ábaco por los orientales. En 1642 Pascal inventa la máquina sumadora, la cual fue perfeccionada por Leibniz en 1671, y en 1830, Charles Babbage construyó el primer dispositivo de computación mecánico. Pero la electrónica digital moderna nacería en 1946 con el invento de J. Presper y J.W. Mauchly en la Universidad de Pensylvania del llamado ENIAC, el cual sería perfeccionado por el matemático John Von Neuman de

FÍSICA TEÓRICA VERSUS FÍSICA EXPERIMENTAL

A decir verdad, usted amigo lector esta rodeado de miles de transistores y circuitos integrados, los cuales están en todos y cada uno de los aparatos que listé al comienzo, y en cientos de otros aparatos industriales y científicos que se producen copiosamente hoy en día.

La base científica del transistor es la manifestación macroscópica de los fenómenos electromagnéticos que ocurren en los sólidos a nivel microscópico, y la teoría que hay tras de ellos es la física de todos los tiempos, desde Arquímedes hasta nuestros días, pasando por los Alquimistas, por Newton y por Einstein.

Pero, ¿puede atribuirse principalmente este y otros desarrollos a la física teórica o a la física experimental? La pregunta es necia, pues física hay una sola. Que algunos la hacen en un laboratorio lleno de aparatos sofisticados y otros la hacemos en un escritorio o al frente de la pantalla de un computador. Pero todos usamos las mismas leyes y principios que creemos gobiernan la marcha del universo, y que han sido modelados por el hombre durante muchos siglos, a través de un entretejido hermoso elaborado mediante una complementación de los experimentos y las teorías.

Es cierto que sin el trabajo de Bardeen y Brattain en los laboratorios Bell no se habría inventado el transistor, pero también es cierto que ellos no estaban haciendo alquimia, ellos trabajaron teniendo como guía el modelo de Pohl, quien a su vez lo elaboró con base en las teorías de Planck, Heisenberg y Schrodinger. Desafortunadamente, los niveles de desarrollo que han alcanzado las ciencias y las ingenierías hoy han hecho que quienes practicamos alguna de estas disciplinas, hayamos tenido que especializarnos en un campo y tema específico. Pero la verdadera ciencia necesita de una visión global del Universo por parte de quien pretende hacerla.

Queda claro pues que no solo el transistor, si no todos los aparatos que nos rodean han sido el producto de la ciencia, la ingeniería y la inventiva de los seres humanos, las tres dadas de manera complementaria.

EL LÁSER

Resulta para mi maravilloso el descubrimiento y las aplicaciones

del rayo láser. Ese instrumento científico que hoy se usa como bisturí en los hospitales, como cortametales en las industrias, que está presente en cada hogar en el reproductor de discos compactos y que algunos cargamos en el bolsillo de la camisa para usarlo como apuntador.

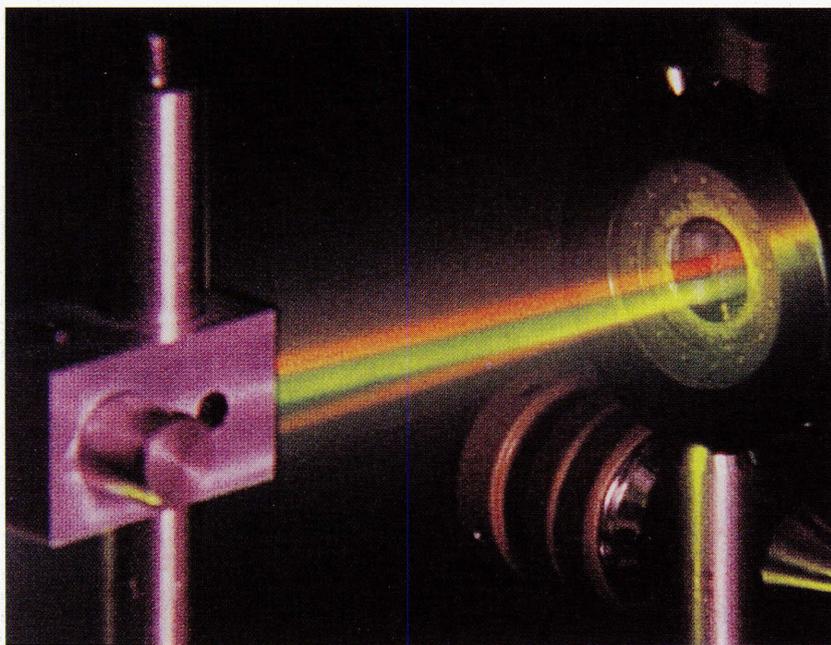
La teoría del funcionamiento del láser fue desarrollada por Einstein en 1917, la que llamó emisión estimulada de luz (de nuevo electromagnetismo a nivel atómico combinado con física cuántica). Sin embargo no fue sino hasta finales de la década del 50 que C.H. Townes y A.L. Schawlow mostraron la posibilidad de su construcción como aparato científico y solo en 1960 T.H. Maiman construyó el primer láser el cual fue hecho de rubí.

El láser se ha utilizado como aparato científico en muchas áreas de las ciencias, especialmente en mediciones precisas de la física

atómica y nuclear, en mediciones astronómicas, etc. También ha tenido múltiples aplicaciones industriales, pero su mayor aplicación hoy en día está siendo hecha por las industrias disqueras, quienes desarrollaron el disco compacto para substituir el costoso petróleo en la elaboración de los discos de reproducción sonora. En verdad, de no ser por el alto costo del petróleo alcanzado en la década de los setentas, y el darnos cuenta que ese precioso mineral es finito y de vital importancia en la industria automotriz actual, el invento del disco compacto habría tardado por lo menos unos 20 años más. ¿Y quién no disfruta hoy en día de ese sonido fiel, limpio y puro que reproduce un "CD"»?

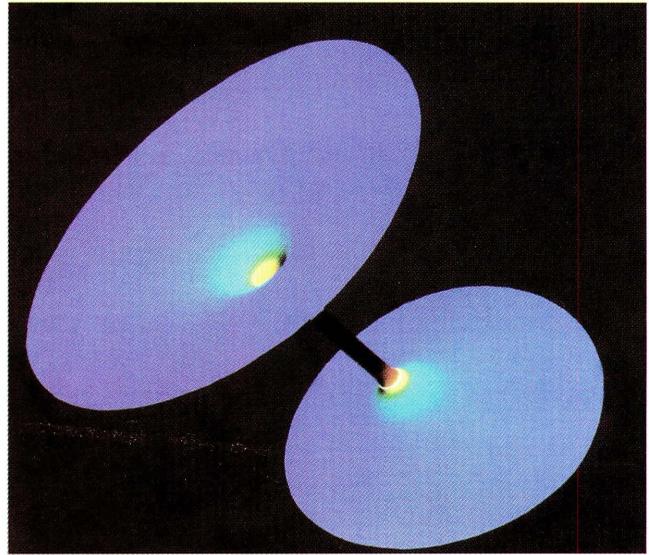
LAS COMUNICACIONES

Pero el desarrollo tecnológico mas sorprendente está hoy en día



EL LÁSER NO ES MÁS QUE UN RAYO DE LUZ MUY INTENSO DE UN COLOR MUY PURO (EL MÁSER ES SU ANÁLOGO EN EL CAMPO DE LAS MICROONDAS). Fotografía: Archivo Colciencias.

DURANTE MUCHOS AÑOS LAS APLICACIONES DE LA ELECTRÓNICA DIGITAL SE LIMITARON A LOS SISTEMAS DE CÁLCULO Y COMPUTACIÓN. HOY EN DÍA SU APLICACIÓN ESTÁ EN ÁREAS TAN DIVERSAS COMO LA TELEFONÍA CELULAR, LA NAVEGACIÓN AÉREA Y MARÍTIMA, LA INSTRUMENTACIÓN MÉDICA, LA ROBÓTICA, EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES, LA FABRICACIÓN DE MATERIALES BÉLICOS, LA CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS TELEDIRIGIDOS, ETC.



UNA SIMULACIÓN EN COMPUTADOR DEL ESPACIO TIEMPO SOBRE EL HOYO NEGRO. Tomada de: *Fromquarks to the Cosmos*. Pág. 18

en el campo de las comunicaciones. Ya nuestros indios muy hábilmente utilizaban las señales de humo para comunicarse entre tribus. Sin embargo, el desarrollo científico de las comunicaciones empieza en 1837 cuando Wheatstone y Cooke patentan el telégrafo eléctrico y comienza así la elaboración, transmisión y recepción de información.

En 1866 el primer cable submarino entre los Estados Unidos y Europa entra en funcionamiento (tras un intento fallido en 1858), luego aparecería la telegrafía inalámbrica y el teléfono. Todo esto sentaba las bases del correo electrónico, el cual fue inventado por científicos en California en 1969 y guardado secretamente por el ejército de los Estados Unidos durante 20 años como arma estratégica de defensa, a ser usada en una eventual guerra que suprimiese las comunicaciones convencionales. Al considerar el descubrimiento obsoleto (¿que se habrán inventado ya?), fue entregado a la Federa-

ción Norteamericana de Universidades, y casi de inmediato fue tomado por los físicos en el laboratorio "Fermilab" en Estados Unidos, quienes junto con sus colegas en el "CERN" Europeo lo desarrollaron y perfeccionaron. El correo electrónico como lo conocemos hoy es pues un subproducto del trabajo de los físicos experimentales de altas energías.

Lo sorprendente de ese descubrimiento es que hoy yo puedo hacer miles de cosas desde mi casa u oficina que antes, o no podía hacer, o tenía que gastar una gran cantidad de tiempo y energías en hacerlas. Y es que sentado al frente de la computadora, yo puedo leer el periódico del día, no sólo el de mi ciudad si no el de cualquier ciudad importante del mundo, puedo consultar las principales bibliotecas del planeta, visitar un museo, ver las imágenes que de la tierra o del planeta Júpiter produce un satélite artificial, conseguirme una novia en otro país, comprar lo que se me antoje, or-

denar un menú especial en un restaurante, etc., etc. Tenemos pues que admitir que definitivamente el correo electrónico ha cambiado nuestra manera de actuar, de ser y de pensar!

EL PANORAMA CONTEMPORÁNEO

Hoy en día la física está más activa que nunca. Miles de físicos escudriñan el universo por todos lados tratando de descubrir las leyes últimas que lo gobiernan y hacer uso óptimo de ellas. Los astrofísicos exploran el infinito con aparatos sobre la superficie de la tierra y en laboratorios orbitando alrededor de esta a cientos de kilómetros sobre su superficie. Los físicos nucleares siguen buscando usos pacíficos (y bélicos) de la energía subatómica. Los ópticos trabajan en aplicaciones de 'la luz coherente en la medicina y la industria, etc.

Un buen número de físicos teóricos hacemos lo que se llama al-

tas energías. Básicamente pretendemos hallar una teoría de campo unificado, un viejo sueño de Einstein de querer explicar todos los fenómenos naturales con una sola teoría. Creemos no estar muy lejos de ese ideal. Por su parte los experimentales en este campo, están trabajando en el laboratorio «Fermilab» de los Estados Unidos, en el «CERN» de la comunidad Europea, en el «Kamiokande» de Japón, o en el laboratorio más grande que existe que es el Universo mediante el llamado proyecto «AUGER», están tratando de encontrar evidencias de las teorías de unificación propuestas por los teóricos.

De otro lado, los experimentalistas de materia condensada han hecho otro gran descubrimiento, los superconductores de alta tem-

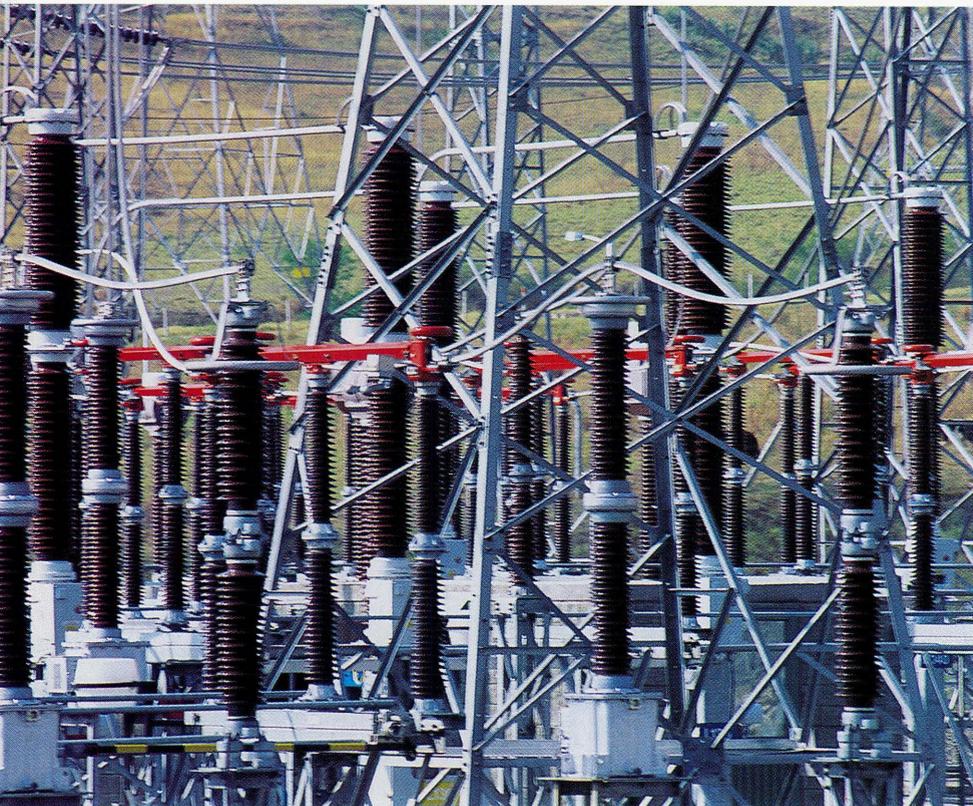
peratura. Es decir, materiales que transmiten la corriente eléctrica sin oponer resistencia al paso de dicha corriente, los cuales funcionan a temperaturas cercanas a las que hay dentro de un refrigerador doméstico. A su vez los teóricos de materia condensada están tratando de hallar un modelo cuántico que pueda dar explicación a tan extraño fenómeno (la explicación de ese mismo fenómeno, pero en el rango de las bajas temperaturas fue lo que le dio el segundo premio Nobel en física a J. Bardeen, junto a L. Cooper y J.R. Schrieffer). Los ingenieros por su parte están tratando de industrializar este descubrimiento; de lograrlo, estarían a las puertas de una revolución industrial tan grande como la acaecida con el invento del transistor.

EL SIGLO XXI

Pero los científicos no se han dormido sobre sus laureles, hoy trabajan activamente sobre nuevos materiales, sobre procesos no lineales, sobre caos, etc. Todo esto llegaría a ser sin duda la base de los aparatos científicos y los electrodomésticos que usaría el hombre en el siglo XXI.

Como ven, la ciencia no es solo un asunto de personas ensimismadas y científicos despeinados, que se mantienen en sus laboratorios, en sus bibliotecas o al frente de sus computadoras. La ciencia es un asunto de nuestra vida cotidiana, y gracias a los científicos y sus alocados descubrimientos e ideas, hoy podemos vivir mejor, no solo mejor que el hombre de las cavernas, sino mejor que nuestros abuelos y nuestros padres, y es de esperarse que nuestros hijos puedan hacerlo aún mejor que nosotros.

Esto si antes una guerra, en la que los países en conflicto suelen hacer grandes inversiones de dinero en ciencia y tecnología, no acaba con este querido planeta llamado tierra, el cual ya hemos contaminado desde lo profundo de los océanos hasta lo mas alto de la estratosfera, con los desechos producidos por todos los adelantos científicos y tecnológicos, como lo evidencia la última medida del hueco de ozono en el polo sur hecha por el satélite NOAA-14 de la Nasa.&



☞ NUESTRA VIDA COTIDIANA HA TENIDO QUE ACOSTUMBRARSE A OTROS PAISAJES PRODUCIDOS POR LOS AVANCES ELÉCTRICOS.
Fotografía Diego Miguel Garcés