

00.84.08

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1984

Políticas en Ciencia y Tecnología*

Juan
Hugo J. Erramuspe**

En esta Conferencia el autor formula las políticas que deberían seguirse en el área de Ciencia y Tecnología, lo que a largo plazo daría el perfil industrial y productivo del país.

La metodología de planificación propuesta es aplicable a la determinación de objetivos y proporciona los "modos de acción" para alcanzarlos, cubriendo así una sentida necesidad en este trascendente campo de actividad.

El autor estima que el carácter global de la propuesta es una forma eficiente de responder al desafío que implica ubicar a la Argentina productiva en un contexto de alta competitividad internacional.

* El texto de este artículo corresponde a la Conferencia invitada pronunciada en la Reunión de Invierno de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, el día 12 de agosto de 1983.

** Ex-Director de Investigación y Desarrollo.
Comisión Nacional de Energía Atómica.

A) INTRODUCCION

El mundo moderno se encuentra ya desde hace varios años en medio de una revolución industrial de muchos más profundos efectos que la revolución industrial del siglo pasado, que está transformando los modos de producción y generando la constante aparición de nuevos productos en los mercados, empujando a las naciones industriales avanzadas a lo que es conocido con el nombre de sociedades post-industriales.

Ello ocurre a favor de un espectacular cambio tecnológico que principalmente discurre en el campo de la electrónica y que, a partir de la aparición del transistor, se acelera merced a la técnica de los circuitos integrados, logrando sobrepasar los 100.000 componentes por chip con la tecnología de la VLSI (Very Large Scale Integration), que da nacimiento al microprocesador, abriendo éste el camino a la automatización, la robotización y dando nacimiento a la era de la informática que promete no dejar nada como era antes.

Nuevos materiales, polímeros destinados a los más diversos usos, materiales compuestos reforzados con altísimas resistencias, cerámicos con notables propiedades, etc. van configurando un panorama de profundo cambio.

Una empresa líder europea reconoce que las 3/4 partes de sus ventas corresponden a productos que hace 10 años eran desconocidos en su forma presente y casi la mitad de los mismos tienen menos de 5 años.

En este acelerado proceso de transformaciones, en todas las naciones industriales se puede apreciar una transición de productos a servicios, de recursos físicos a recursos humanos, de inversión en maquinarias a inversión en conocimientos, de intensidad de capital a intensidad de conocimiento, de una economía doméstica a una economía global. O sea, de una economía orientada a la producción convencional a una economía orientada a la información y a los servicios.

Para determinar una posición competitiva en este nuevo mundo que emerge se ha comprendido que las respuestas deben ser globales.

Los esfuerzos principales se encaminan a las industrias de alta tecnología de conocimiento intensivas como las telecomunicaciones, la microelectrónica, la tecnología de computadoras, la biogenética y la industria química. Las industrias de tecnología de la información son ya más grandes que la industria automovilística en EE.UU. y ocuparán el segundo lugar a fin de siglo, sólo después de la industria energética.

Todas estas industrias requieren más científicos e ingenieros, con un mayor nivel de conocimiento técnico y matemático, que las industrias convencionales.

Por ello, EE.UU. plantea una estrategia basada en una asociación más estrecha entre la industria, la universidad y el gobierno.

Como un signo cabal de la comprensión del desafío, muchas compañías de alta tecnología han acordado contribuir con el 2% o más de sus presupuestos de investigación y desarrollo para ayudar a sostener la educación superior. Por ejemplo, se ha creado la Semiconductor Research Corporation, a cuyo mantenimiento concurren 20 corporaciones de computadoras y semiconductores, destinándole fondos que comenzando con sumas del orden de los 5 millones de dólares anuales, es intención llevar a 50 millones anuales con el fin de sostener la investigación pura. Entre otras acciones se ha formado también el Center for Integrated Systems, consorcio formado por 17 compañías, que administra la Universidad de Stanford: será el primer laboratorio universitario con capacidad de fabricar circuitos de VLSI.

Japón está preparando su liderazgo en el sector computadoras y en las industrias de conocimiento intensivo.

Es obvio que ha comprendido que el problema requiere respuestas integrales, que llegan hasta el campo de la formación de recursos humanos, y desde sus más tempranos niveles. Así, recibe casi 3 veces más ingenieros electricistas per capita que EE.UU. En un estudio de la National Science Foundation los jóvenes japoneses de 13 años clasificaron en las más altas posiciones en matemáticas, en una comparación entre doce naciones, que incluía a EE.UU. y a países europeos.

Estas radicales transformaciones que aparecen en los diferentes campos de la ciencia y la tecnología reconocen a la *innovación* como su fuente esencial y la vitalidad del sistema científico-tecnológico se mide por su capacidad de producirlas.

"Una innovación técnica es una actividad compleja que procede de la concepción de una nueva idea, como medio de resolver un problema, a la solución de dicho problema y luego a la utilización real de un nuevo ítem de valor económico o social".

La innovación debe distinguirse del descubrimiento científico, que involucra la observación de un fenómeno previamente desconocido o la adquisición de un nuevo conocimiento, y del invento, que es la creación de un nuevo producto o proceso.

Dado que el sistema productivo opera sobre la base de conocimientos aportados por las tecnologías específicas de sus diferentes sectores, queda evidenciada la relevante importancia de la innovación, al constituir ésta el fundamento de la mutación y el desarrollo tecnológico.

Queda claro, entonces, el correlato innovación-tecnología-sistema productivo.

Para reafirmar la trascendencia de esta correlación, debe señalarse, adicionalmente, que la actividad industrial, como parte destacada del sector productivo, para la cual la innovación y la tecnología son insumos esenciales de su quehacer cotidiano, es parte principal de una respuesta eficiente a la demanda de trabajo de la generación potencialmente activa que anualmente aparece en el mercado laboral, estimada en más de 150.000 personas/año en la Argentina.

Naturalmente, en la creación de tecnología las actividades correspondientes a investigación y desarrollo adquieren un rol fundamental.

Dentro del amplio espectro que abarcan estas actividades, debe señalarse la importancia de la investigación básica, sostén esencial de toda la estructura del área, por lo que ella implica en la formación de recursos humanos, de reserva de conocimientos y de consultoría en disciplinas específicas, en la formación de equipos especializados en nuevos campos que los avances científicos abren a la ciencia o a la actividad tecnológica, por sus contribuciones que surgen en forma más o menos impredecibles como derivadas de su quehacer, etc.

El desarrollo tecnológico reconoce diferentes etapas o estadios de evolución. Estimamos que en algunos campos la Argentina ya pasó el nivel de primera formación de conocimientos científicos y técnicos, obteniendo, a través de la importación y adaptación de tecnología, un conveniente grado de autonomía que le ha permitido desagregar paquetes tecnológicos, consiguiendo una creciente participación nacional. La actividad nuclear es un claro ejemplo de ello, sector en el que se han realizado ya, inclusive, desarrollos propios.

No obstante que el proceso es desparejo y falta aún un buen camino a recorrer, el procedimiento es claro y está bien comprendido.

Sin embargo, hoy debemos ser más ambiciosos y abrigar la decisión de una participación más profunda en determinados sectores tecnológicos, convenientemente escogidos, basándonos en la favorable posición que podemos obtener de nuestras ventajas comparativas, reconociendo que es la tecnología la que sustenta los desarrollos industriales y hace, por consiguiente, al bienestar, al nivel de vida y finalmente a la calidad de la vida de una sociedad.

Relacionados con la problemática argentina en el ámbito de ciencia y tecnología, existen muy buenos trabajos que analizan el sistema, diagnosticando sus debilidades y formulando diversas recomendaciones para su superación. En algunos casos se establecen los objetivos que debe alcanzar dicho sistema, pero sin formular propuestas concretas sobre los modos de acción para lograrlos.

En oportunidades, ha sido cuestionado el nivel de inversiones efectuadas en el área, esta-

bleciéndose como objetivos determinados valores de inversión en porcentuales del PBI o medidos en dólares per capita.

Sin embargo, sin perjuicio de afirmar que sin un valor adecuado de inversión es imposible establecer y llevar a cabo ninguna política científico-tecnológica, es oportuno recordar que se ha cuestionado en EE.UU. el retorno logrado de las cuantiosas inversiones realizadas en investigación y desarrollo, que orillan los 50 mil millones de dólares anuales. En cuanto a funcionamiento del sistema, se ha comentado que se generan 8000 inventos/año, muchos de los cuales son patentables, pero que, sin embargo, un número insuficiente de ellos llega al mercado como innovación. A 1978 había alrededor de 30.000 patentes apiladas, propiedad del gobierno, esperando usuarios!.

Esto muestra claramente que con sólo aumentar el nivel de inversiones, no necesariamente se logrará mejorar los resultados y que una parte esencial del problema precisamente radica en una correcta elección de las líneas de investigación y desarrollo.

Este trabajo intenta cubrir un vacío, estableciendo "*modos de acción*" concretos que permitan llegar a la formulación específica de una política científico-tecnológica de carácter global.

Según vimos, la innovación tecnológica juega un rol fundamental en una estrategia industrial y constituye el nexo que une ciencia, tecnología, comercio e industria. Es la suma y el resultado de operaciones complejas a través de las cuales el genio inventivo, científico y empresario de la sociedad moderna produce impactos económicos y sociales en esa sociedad.

Se han realizado numerosos estudios en la búsqueda de una mejor comprensión de los mecanismos que operan en la innovación, pues si esta comprensión se lograra, ello permitiría promover las condiciones que favorecen la innovación y, por consiguiente, las innovaciones (deseables) podrían por lo tanto ser aceleradas.

Para las personas y las organizaciones involucradas en la formulación de políticas científicas, tal conocimiento claramente ofrece la esperanza de mejorar la utilidad y la relevancia de la política científica del país.

Analizaremos, pues, con esta intención, el estudio "INTERACTIONS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE INNOVATIVE PROCESS: SOME CASE STUDIES", preparado para la National Science Foundation por el BATTLE Columbus Laboratories.

B) ANALISIS DEL ESTUDIO "INTERACCIONES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN EL PROCESO INNOVATIVO"

Este estudio es continuación y profundización de otros anteriores, como el TRACES

(Technology in Retrospect And Critical Events in Science, IIT Research Institute, National Science Foundation, USA). Analiza los casos presentados por 10 innovaciones seleccionadas por su impacto social y que son representativos de diferentes campos de la tecnología y sus aplicaciones.

Los siguientes son los casos estudiados:

- marcapasos cardíaco
- maíz híbrido
- pequeños granos híbridos
- trigos de la "revolución verde"
- electrofotografía
- análisis económico de input-output
- insecticidas orgánico-fosfóricos
- anticonceptivos orales
- ferritas magnéticas
- registrador de video-tape

Sus objetivos fueron:

- investigar varias innovaciones de alto impacto social y especialmente el rol y las interacciones de la ciencia y la tecnología en las innovaciones.

- identificar y caracterizar los eventos significativos y los decisivos y evaluar la importancia de los varios factores sociales, institucionales y culturales en los eventos decisivos de cada caso en estudio.

- identificar ciertas "características" generales o cualitativas que se aplican a la innovación como un todo.

Para realizar el análisis de los casos es necesario precisar la terminología a emplear. A tal fin se transcriben las definiciones fundamentales:

— **Evento significativo:** Es una ocurrencia que, a juicio del investigador, involucra una importante actividad en la historia de una innovación o en su ulterior mejora. Es la clase más numerosa.

— **Evento decisivo:** Seleccionado entre los eventos significativos, es una ocurrencia que provee un ímpetu mayor, esencial, a la innovación. Sin él la innovación no habría ocurrido o se habría demorado seriamente.

— **Evento no-técnico:** Es una ocurrencia social o política fuera del campo de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo guerra, desastres naturales, son eventos no técnicos.

Los eventos técnicos pueden ulteriormente clasificarse según a qué parte del espectro científico-tecnológico pertenecen.

— **Investigación básica:** (NMOR: Non Mission Oriented Research): es investigación realizada con el propósito de adquirir nuevos conocimientos, de acuerdo a la estructura conceptual de la materia o el interés del científico, sin preocupación por una misión o aplicación, aún

cuando el proyecto dentro del cual se efectúa la investigación pueda ser financiado con una posible aplicación en mente.

— **Investigación orientada:** (MOR): es investigación dirigida hacia una aplicación específica (no necesariamente la innovación bajo estudio) antes de la demostración de un prototipo factible.

— **Desarrollo:** es parte de la historia de la innovación que incluye ingeniería, ensayos y diseño de producción. Usualmente se inicia con el diseño de un prototipo factible y termina con la primera aplicación comercial y su uso.

B.1) - EL MARCAPASOS CARDIACO.

Pasando al análisis propiamente dicho del estudio, veremos con algún grado de detalle el caso de una innovación que cumple con los supuestos establecidos, "el marcapasos cardíaco", y haremos un breve resumen de un segundo caso, "las ferritas magnéticas", para comprender la forma en que se han desarrollado los análisis para luego poder tener una cabal comprensión de sus conclusiones.

El marcapasos es un dispositivo que suministra periódicamente al corazón humano enfermo un impulso eléctrico para comenzar cada ciclo del latido cardíaco y está compuesto de una fuente de poder, su electrónica pertinente y un sistema de electrodos, encapsulado en un paquete biocompatible para su total implantación. Sirve para tratar pacientes que sufren del síndrome de Stokes-Adams, consistente en un pulso débil persistentemente asociado con un ritmo lento, u otro desórdenes que producen bloqueo cardíaco.

Luego de la implantación, el marcapasos controla el ritmo cardíaco del paciente automáticamente.

Para apreciar su impacto social y la cobertura que provee de una necesidad vital, baste decir que una persona de cada 4.000 en los EE.UU. tenía corrientemente un marcapasos totalmente implantado (del orden de 58.000 en total) y que aproximadamente se vendían 29.000 unidades por año en dicho país (1973).

Se ha dicho que probablemente la implicancia social más importante del marcapasos, como primer dispositivo electrónico totalmente implantable para regular una función corporal, es que ha abierto el camino para otros dispositivos estimulando la realización de esfuerzos en otras áreas de la ingeniería biomédica y que ha probado que el proceso de combinar talentos de varias disciplinas puede proporcionar resultados verdaderamente significativos.

En la Fig. 1, que esquematiza el desenvolvimiento histórico de esta importante innovación, pueden apreciarse 5 grandes canales de desarrollo, a través de los cuales proceden los avances científicos y tecnológicos que llevaron

finalmente a la culminación exitosa de este vital dispositivo:

- Semiconductores y electrónica
- Tecnología de las baterías de los marcapasos.
- Técnicas quirúrgicas
- Fisiología cardíaca y estimulación miocárdica
- Biomateriales y electrodos

El estudio centra su interés en los eventos que han ocurrido durante este siglo. Sin embargo, por razones de claridad se han incluido ocasionalmente eventos anteriores a esa fecha.

Semiconductores y electrónica

Como el estudio destaca, un marcapasos totalmente implantado no se podría haber realizado sin el desarrollo de la electrónica de los semiconductores. El pequeño tamaño, alta confiabilidad y bajos requerimientos de potencia de los dispositivos semiconductores permitieron la implantación de un sistema completo con una vida esperada de 5 años.

Naturalmente, el primitivo trabajo fundacional de los investigadores que realizaron importantes descubrimientos de fenómenos físicos y que desarrollaron la teoría electromagnética (Faraday, Becquerel, Maxwell, Hall, Hertz, etc.), ha sido fundamental en estos campos.

A ello ha seguido la proposición de la cuantificación de la radiación (Planck, 1900), la descripción del efecto fotoeléctrico (Einstein, 1905), el uso a principios de 1900 del rectificador de punta de contacto (Dunwoody, Pickard, 1906-1907), el establecimiento de un modelo primitivo del átomo (Bohr, 1913), culminando en la década de 1920 el desarrollo de la Mecánica Cuántica (Pauli, Fermi, Dirac, Schrödinger, Heisenberg). A principios de la década de 1930 apareció la descripción de un modelo de mecánica cuántica de los semiconductores sólidos (Wilson, 1931).

Mientras tanto se trabajaba en la explicación de las propiedades superficiales de los semiconductores (Schottky, Mott, Davydov, Tamm, Shockley, 1932-1939) y en 1941, Ohl obtuvo una patente en las juntas p-n de silicio, la que encontró amplio uso en aplicaciones de radar durante la II Guerra Mundial.

Fue precisamente durante ésta que, respondiendo a una clara necesidad, se incrementaron las investigaciones orientadas a los dispositivos (1941-1945), aunque naturalmente no se publicaban los resultados. Después de la guerra, y junto con la continuación de los trabajos, que produjeron importantes adelantos en la comprensión de los fenómenos superficiales (Bardeen, Shockley, 1947-1948), comenzaron a aparecer los resultados de aquellas investigaciones que despejaban incógnitas con respecto a las propiedades superficiales y del volumen de los semiconductores.

Las investigaciones en semiconductores orientadas hacia los dispositivos condujeron a la invención del transistor, un evento decisivo en la concreción del marcapasos (Bardeen y Brittain, 1948).

Los trabajos considerados en la rama electrónica, fundada en investigaciones realizadas durante el siglo XIX, comienzan con el descubrimiento de la emisión electrónica por un filamento caliente (Edison, 1883). Los desarrollos continuaron con la invención de los tubos electrónicos al vacío (DIODO, Fleming, 1904) (TRIODO, De Forest, 1906) y el de válvulas de alto vacío con emisión por filamento de tungsteno (Langmuir, Arnold, 1913-1914) y luego en general en las décadas de 1920 y de 1930 con el desarrollo de la tecnología de válvulas.

Por el lado de la técnica de circuitos se destaca una patente obtenida por Lodge (1898) sobre la sintonización y el posterior desarrollo de la industria inalámbrica, comenzada por Marconi (1896-1915). Con el invento de los circuitos osciladores (DeForest, 1915) se aceleran los avances en estas técnicas (1915-1930) las que, empalmando con los desarrollos en la línea de tubos, producen a un adelanto mayor en la tecnología electrónica. El impulso dado por la II Guerra Mundial, produce una sofisticada capacidad electrónica disponible para ser incorporada a la electrónica de los semiconductores. La confluencia de estas dos tecnologías se produce con el comentado invento del triodo semiconductor: el transistor (Bardeen y Brittain, 1948).

Durante la década de 1950, los principios de la electrónica de tubos de vacío se aplicaron a los dispositivos semiconductores, por lo que la electrónica de semiconductores se desarrolló velozmente. Estos desarrollos permitieron que el marcapasos de Chardack-Greatbatch resultara una unidad operativa para fines de la década.

Tecnología de las baterías de los marcapasos

La fuente de poder de un marcapasos implantable debe operar su circuito electrónico, produciendo pulsos de varios volts, con corrientes de pico de varios mA, a través de una carga de alrededor de 500Ω . Esto implica, para valores usuales de frecuencia y duración de pulsos, valores promedios en el orden de $50\text{-}75 \mu\text{W}$.

Teniendo en cuenta la eficiencia del marcapasos y la corriente de drenaje promedio, se requiere, para una razonable vida útil de la batería, que tenga una capacidad de aproximadamente 1000 mA.h. Además, debe mantener una tensión relativamente constante durante el período de descarga, siendo necesario que sea sellada para permitir una encapsulación de larga vida.

A la fecha del estudio, la batería de Hg-Zn es la que mejor satisfacía dichos requerimientos, por lo que se analizó el desarrollo de la celda de óxido de Hg.

Volta (1800) comenzó una nueva era en la experimentación eléctrica con el descubrimiento de la pila voltaica. En 1868 Leclanché desarrolló una celda que fué la precursora de la batería seca, ampliamente usada en el siglo siguiente. El diseño satisface los requerimientos de una batería seca sellada mediante el uso de un electrodo de pasta o gel. Clark fué el primero que reconoció el óxido de Hg como reactante catódico potencial y en 1884 patentó una celda primaria alcalina-líquida de óxido de Hg.

El desarrollo continúa y en 1886 aparece una patente de un sistema de celdas de HgO, Zn e KOH (Aron), luego la producción de la primera pila seca (Gassner, 1888), el desarrollo de la pila standard $\text{Cd}:\text{CdSO}_4:\text{Hg}_2\text{SO}_4:\text{Hg}$ (Weston, 1892) y el de la pila Edison (Edison, 1901). En 1910, Morrison obtiene la patente de una pila con HgO como elemento positivo en una pila galvánica, un par de años después aparece la patente de la pila secundaria sellada (Edison, 1912) y posteriormente la de la pila primaria líquida alcalina de HgO (Bronsted, 1915).

La era primaria de la radio estimula la necesidad de pilas secas y luego de sucesivos desarrollos, esquematizados en Fig. 1, se llega a la época de la II Guerra Mundial, la que se constituye en un importante evento (no-técnico) que acentúa la necesidad de mejores baterías. El Signal Corps de los EE.UU. subsidia la investigación.

Así se llega al decisivo evento de la patente por Ruben, en 1947, de la pila seca de Zn/KOH/HgO que había desarrollado durante la guerra trabajando con la compañía P.R. Mallory & Co (pila RM). Esta celda tiene las deseables propiedades de un sistema de electrolito alcalino: estabilidad de los materiales de los electrodos en este electrolito, y mínima producción de gas debido a reacciones, lo que conduce a robustez y larga vida, además de poseer una curva plana de descarga. Igualmente desarrolla una pila seca alcalina sellada mejorada que permite encapsular en una resina, e implantar, todo el sistema del marcapasos, incluída la batería.

A través de sucesivas mejoras se llega, a fines de la década del 50, a una unidad comercial segura y conveniente, disponible para el marcapasos.

Técnicas quirúrgicas

Una variedad de técnicas modernas de cirugía son requeridas para la inserción endovenosa o la fijación miocárdica directa de los electrodos, y para la implantación del marcapasos.

Independientemente, con el fin de ser usadas en evaluaciones experimentales, ya se habían desarrollado técnicas quirúrgicas para producir bloqueos cardíacos en animales. Asimismo, otros procedimientos quirúrgicos dieron ímpetu al desarrollo del marcapasos debido a que, en cirugía de corazón abierto, ocasionalmente ocurrían bloqueos cardíacos por el trauma quirúrgico. Esta complicación estimuló a algunos cirujanos a investigar técnicas de marcapasos de corto término que finalmente resultaron valiosas para las implantaciones de largo plazo.

En la Fig. 1 se muestra la secuencia histórica de estos desarrollos. En 1906, Erlanger desarrolló una abrazadera para producir bloqueos cardíacos experimentales y posteriormente usó la técnica en el estudio de métodos de estímulo. En 1926 Cook mostró que el corazón parado podía ser estimulado durante laparotomía, sirviendo sus trabajos como un aliento adicional para Hyman. Durante la segunda mitad de la década de 1930, Gibbon desarrolló y perfeccionó una técnica de by-pass de corazón-pulmón que permitió muchas operaciones a corazón abierto.

Durante los años 1945-1950, Callaghan, Bigelow et al. observaron e investigaron los problemas de paro cardíaco y bloqueo del corazón durante la cirugía cardíaca hipotérmica. En 1953, Gibbon realizó la primera operación exitosa a corazón abierto en seres humanos usando la máquina de by-pass corazón-pulmón. Esto posibilitó los trabajos de Lillehei y colaboradores (1954-1955) para la reparación de los defectos del septum, lo que en algunos casos daba lugar a bloqueos temporarios aurículo-ventriculares (A-V) debidos al trauma quirúrgico, estimulando, por consiguiente, el interés en las técnicas de marcapasos. Esto constituyó un evento de decisiva importancia.

En 1955, Starzl y Gaertner describieron una técnica de sutura para producir el bloqueo cardíaco experimental, la que fué usada luego por Chardack y otros para la evaluación experimental del marcapasos.

Todas éstas y otras investigaciones quirúrgicas tuvieron una importante influencia en la aceptación del dispositivo. A principios de la década del 30, por sentimientos religiosos y sociales se sostenía que el corazón no debía ser perturbado y que entrometerse con él era sólo marginalmente moral. Los desarrollos y los beneficios subsecuentes de la cirugía cardíaca re-vertieron estos sentimientos, ganando la aceptación social.

Biomateriales y electrodos

Electrodos y técnicas.

El sistema de electrodos está constituido por contactos metálicos descubiertos, para ser apli-

cados sobre el corazón, y alambres aislados convenientemente que llevan el pulso de estímulo generado por la unidad.

Los alambres deben ser mecánicamente fuertes, de relativamente baja resistencia y bien aislados a pérdidas por un aislador biocompatible. Los contactos pueden ser unipolares, cátodo en el corazón y ánodo (electrodo disipativo) en otro lugar dentro o sobre el cuerpo, o bipolares, ambos electrodos próximos y dentro o sobre el corazón.

El primer sistema de electrodos para uso humano era de aguja, bipolar, y se introducía a través del tórax en el corazón (Hyman, 1932).

En 1950, Bigelow y Callaghan publicaron sus trabajos sobre estimulación del Nodo S-A, área de la aurícula derecha donde se origina la señal cardíaca natural, de un perro, vía la vena yugular, usando estimulación unipolar y bipolar. En 1958, Furman y Robinson describieron una técnica de estimulación endovenosa usando un cateter unipolar.

La mayor dificultad para la estimulación directa de largo plazo, sin embargo, se encontraba en la aparición de un creciente umbral eléctrico asociado con el sistema de electrodos, entendido como el valor mínimo eficaz de estímulo.

Este incremento del umbral resultaba generalmente de una reacción localizada o infección en los lugares de contacto.

El electrodo bipolar de acero inoxidable de Hunter y Roth (1959) constituyó un evento decisivo en la solución de muchos problemas de umbral, resultando la culminación de esta línea de desarrollos electródicos. Este electrodo fué empleado por Chardack en 1960 en la primera implantación humana exitosa.

Goma de silicona.

La implantación de largo plazo de cualquier dispositivo dentro del cuerpo, requiere su encapsulación en un material biocompatible.

La goma de silicona es la que ha probado ser el mejor material para este propósito. En el extremo derecho de la Fig. 1 se consigna la historia de los eventos que condujeron al material de grado médico.

La historia de las siliconas comienza a principios de siglo cuando Kipping aplicó por primera vez el nombre silicona a los materiales organosilícicos que estaba desarrollando. En 1905, descubrió los polímeros de silicio.

Aunque éste continuó sus trabajos sobre una base académica por muchos años, el primer desarrollo industrial recién apareció en 1931, con los extensos trabajos de Hyde en polímeros de siliconas.

La II Guerra Mundial volvió a estimular el interés en estos nuevos compuestos para obtener mejores materiales aisladores. En 1943 se

instalaba la primera planta piloto para la producción de siliconas. En 1944, Rochow desarrolló una técnica mejorada para su síntesis.

Después de la guerra, se encontró que las propiedades inertes de la silicona eran convenientes para aplicaciones médicas.

En 1953 culminan los desarrollos con la producción de las primeras siliconas de grado médico.

Esta nueva área de aplicaciones médicas estimuló la creación de un Centro para Ayuda a la Investigación Médica (1959). Estos eventos hicieron que la goma de silicona fuera una elección natural para la encapsulación de marcapasos, previa a la implantación.

Epoxies.

La resina epoxy es el compuesto con el que se encapsulan los componentes electrónicos proveyendo una resistencia adecuada a la invasión de los fluidos orgánicos.

Su desarrollo comienza a principios de la década de 1920 con los trabajos de McIntosh y Wolford sobre resinas sintéticas y sus técnicas de producción. En la Fig. 1 se sigue su desenvolvimiento, destacándose la patente de Schlack, en la cual se describen varias técnicas de preparación y un proceso de endurecimiento de poliepoxies líquidas, que sentó las bases del desarrollo moderno de las epoxies.

En 1940 y 1943, Castan obtiene patentes que contienen observaciones de significación práctica ulterior para la producción de resinas epoxies y para el curado de epóxidos fenólicos. En 1950, Wiles patenta técnicas para usar epoxies como adhesivos, recubrimientos y fabricación de pots.

A principios de la década de 1950, Geenlee y asociados reciben varias patentes que avanzan el conocimiento de estas resinas y su uso (1950-1952). A mediados de esa década Minnesota Mining and Manufacturing Co. desarrolla su Scotch Cast N° 5 que fué el compuesto para encapsulado que usó Greatbatch.

Fisiología cardíaca y estimulación miocárdica

La primera observación de la estimulación de un músculo mediante la electricidad fue realizada por Galvani en 1791.

El Síndrome de Stokes-Adams, síntoma del desorden primario tratado por el marcapasos, fué descrito por Adams (1827) seguido por Stokes en 1847. Aunque sin una evidencia experimental concreta, Walshe propuso en 1862 la posibilidad de la estimulación eléctrica del corazón.

En 1883, Gaskell introdujo el término "bloqueo cardíaco" para describir la disociación entre los ritmos auriculares y ventriculares. El

tejido de conducción especializado aurículo-ventricular, conocido como el haz de His, fué descrito independientemente por Kent y His en 1893.

En 1921, en un Simposio en Munich, se describió la técnica de la inyección intracardíaca de drogas, la cual fué usada en muchos casos como un método para resucitar el corazón detenido (paro cardíaco). En 1924, Meyer discutió el valor de la inyección intracardíaca. Wiggers, en el mismo año, describió los efectos fisiológicos y en ECG de la estimulación cardíaca. Todas estas circunstancias fueron parte de la base de los esfuerzos concentrados que Hyman comenzó poco después, como se ve en Fig. 1.

En 1926, la Witkin Foundation estableció un comité especial para investigar el problema de la terapia intracardíaca. Se considera esto un evento decisivo, pues por primera vez se realizó un esfuerzo concentrado en el área. Como director de la Fundación, Hyman comenzó a revisar muchos de los conceptos que se aplicaban para resucitar el corazón parado y se convenció que la estimulación eléctrica era la ruta más promisoría a investigar. Otros investigadores como Wiggers y Marmarstein habían estado experimentando la estimulación eléctrica en animales, pero Hyman estaba ya avizorando una unidad para uso humano. Su revisión de la terapia intracardíaca lo llevó a la conclusión de que, a causa de que muchas drogas habían sido exitosas en revivir el corazón, ello "probablemente no era específico de ninguna acción farmacodinámica, sino que otros factores eran responsables de la resurrección del corazón". Estos factores eran el resultado de estímulos mecánicos, por lo que citó el trabajo de 1928 de Cordorelli, como un ejemplo, quien obtuvo la estimulación cardíaca por presión precordial.

En 1928, Hyman decidió extender los procedimientos de estimulación eléctrica del corazón de los animales al hombre (1928-1932). En 1929, Gould en Australia había desarrollado, aparentemente en forma independiente, un estimulador eléctrico del corazón consistente en un electrodo de aguja y una placa neutral para completar el circuito. Lo usó exitosamente con un paciente, pero hay poca información disponible sobre su trabajo.

En 1930, Hyman publica una revisión de la terapia intracardíaca y, luego que la American Medical Association (A.M.A.) revierte su posición sobre el tema, se inicia una controversia que es publicada en la sección correspondencia del Journal del A.M.A. (1931).

Contemporáneamente, Hyman había solicitado una patente sobre el marcapasos artificial (1930) y un electrodo bipolar la que fue publicada en 1933 y descripta como "Marcapasos artificial del corazón". Sin duda, significa uno de los eventos decisivos en esta línea principal

de desarrollo. Era un modelo primitivo, a cuerda, que mejorado pesaba casi 4 kg, y que podía funcionar 6 minutos, aunque el autor describió un experimento que duró 4 horas.

Cuando en 1932 Hyman publicó su notable artículo describiendo sus experimentos con el marcapasos artificial y abogando por su uso, se produjo una considerable polarización entre los que apoyaban y los que rechazaban el concepto.

En vista de que no aparecía próxima una amplia adopción de su técnica, éste se embarcó en una extensa gira para ganar su aceptación social y médica. También se dió a la búsqueda de un fabricante para refinar y miniaturizar el marcapasos.

Aunque siguió usando el dispositivo con buenos resultados, tuvo que defenderse en pleitos judiciales que en un momento totalizaron más de 11 millones de dólares. Todos estos fueron luego desechados por los tribunales, que concluyeron que sus trabajos estaban dentro del alcance de las prácticas médicas.

Luego de tomar contacto con varios fabricantes, Hyman finalmente llegó a un acuerdo con una compañía alemana para la producción, pero la II Guerra Mundial interrumpió esta asociación. Después de la guerra, y aunque había tomado varios cursos en electrónica, consideró que los avances en esta rama de la ingeniería estaban fuera de su alcance, por lo que no continuó con sus trabajos. Sin embargo, su aparato constituyó la base del futuro desarrollo del marcapasos.

A fines de la década del 30 y comienzos de la del 40, se publicaron sólo algunos informes aislados sobre intentos de estimulación: desfibrilación en seres humanos usando contrashock (Beck y Mantz, 1937); estimulación ventricular usando señales auriculares amplificadas (Butterworth y Poindexter, 1942).

En 1947, Sweet describe sus exitosos experimentos con estímulo directo del Nodo S-A en el paro cardíaco durante cirugía. Bigelow, Callaghan y colaboradores publican (1950-1951) sus experimentos con animales sobre estimulación directa del Nodo S-A por períodos de hasta 30 minutos, usando técnicas de hipotermia general, lo que reduce los requerimientos de oxígeno del cuerpo lo suficiente como para excluir al corazón de la circulación, permitiendo así la cirugía intracardíaca. Informaron sobre las dificultades encontradas para que el corazón reanudara su ritmo normal bajo condiciones hipotérmicas, y del empleo exitoso de técnicas eléctricas para dar el ritmo artificialmente hasta que el corazón reasumiera su acción normal espontánea.

En 1952, en un decisivo trabajo, Zoll mostró que un paro cardíaco completo podía tratarse con un estímulo eléctrico externo (torax cerrado), lo que abrió la era del uso extenso de la

estimulación eléctrica, técnica que fue usada durante varios años.

Un segundo evento decisivo, en el mismo año, ocurre cuando Greatbatch organiza la primera agrupación local del mundo, del grupo profesional en electrónica médica, ahora el Grupo B.M.E., de Ingeniería Biomédica (Biomedical Engineering) del IEEE. Este Grupo se designó para proveer una interfase entre la medicina y la ingeniería, y parte de sus funciones era ofrecer servicios de consultoría de ingeniería a los médicos. Como consecuencia de este servicio, los dos principales investigadores en el desarrollo del primer marcapasos implantable (Chardack y Greatbatch) comenzaron su asociación.

A pesar de las mejoras obtenidas posteriormente por Zoll en las mencionadas técnicas de estimulación externas (electrodos de discos colocados sobre la piel en reemplazo de agujas) no se lograron superar ciertas desventajas (necesidad de relativamente altas tensiones, asociadas con dolorosas contracciones musculares y a veces quemaduras) lo que hizo que se prestara mayor atención a las técnicas de estimulación directa. En 1954, Hopps y Bigelow describieron un dispositivo que combinaba desfibrilador y marcapasos en una unidad. También describieron la acción intracardíaca de marcapasos usando un cateter electrodo insertado en el ventrículo derecho y un electrodo dispersivo en el frente del pecho.

Un trabajo decisivo fue realizado por Werlich, Gott y Lillehei en 1957 al tratar el bloqueo A-V inducido quirúrgicamente con electrodos directos al miocardio. Al año siguiente incorporaron el uso de un marcapasos transistorizado, con batería externa, diseñado por Bakken.

En el mismo año 1958, Furman y Robinson mostraron que la marcación de paso podía cumplirse usando catéteres electrodos insertados endovenosamente para contactar la superficie endocárdica de perros en los cuales se había inducido experimentalmente el paro cardíaco. Este fue un aporte muy importante, porque fue el precursor del procedimiento de marcapasos endovenoso amplia y corrientemente usado que no requiere toracotomía (incisión quirúrgica en la pared del pecho).

Al año siguiente, Furman y Schwedel informaron sobre el uso exitoso de esta técnica en el tratamiento de ataques Stokes-Adams intratables asociados con el paro cardíaco.

En 1959, Elmquist y Senning instalaron en una persona el primer marcapasos completamente implantable, pero era necesario periódicamente recargar inductivamente la batería. Aunque el trabajo de Senning constituyó un hito, enfrentó la misma dificultad que sus predecesores, por incremento de los valores de umbral debido a problemas de electrodos. Esta

dificultad inclusive lo llevó a pensar que ésa no era la forma de resolver los problemas de bloqueo aurículo-ventriculares.

Por la misma época, Chardack y Greatbatch habían comenzado su trabajo con el marcapasos. Aunque sufrieron algunos problemas de umbral en sus experimentos con animales, el electrodo bipolar de acero inoxidable de Hunter y Roth había mejorado significativamente las condiciones, haciendo práctica su unidad.

La primera implantación del dispositivo se realizó en abril de 1960. La unidad, incluyendo baterías, tenía 6 cm. de diámetro por 1.5 cm. de espesor, y daba un ritmo fijo de 60 pulsos cuadrados por minuto, de alrededor de 10 Volts de amplitud y de 1 milisegundo de duración, suministrados por un circuito transistorizado de sólo ocho componentes. Con sólo unas pocas modificaciones, fué el primer marcapasos implantable comercializado por Medtronic en 1961. Con algunos ligeros perfeccionamientos adicionales y con un electrodo de platino mejorado, diseñado por Chardack, se fabricaron aproximadamente 100.000 unidades en los 10 años subsiguientes.

Culminó así el desarrollo de esta trascendente innovación que ha reunido, a través de su historia, todo tipo de vicisitudes y para cuya realización debieron confluír los logros obtenidos a través de 5 canales tecnológicos. En su análisis se destaca la gran perseverancia de su inventor frente al rechazo social a la manipulación cardíaca, la persecución legal y el ataque de sus colegas, constituyéndose en un verdadero "campeón del producto" (product champion) durante su tiempo, abandonando la empresa sólo porque la tecnología entonces disponible era inadecuada.

Las decisiones de dirección fueron cruciales, en vista de los desfavorables análisis de mercado, las posibles derivaciones legales y la imposibilidad de obtener un seguro para el producto.

Se observa también en el estudio la necesidad de inventos de apoyo en el curso de la innovación y el definido papel que juega la transferencia informal de conocimientos y el de una serie de eventos no técnicos. La financiación gubernamental es sólo de significación periférica.

El estudio detallado permitió a sus autores distinguir más de 100 eventos de significativa importancia, entre los que se destacan 13 acontecimientos de influencia decisiva, los cuales proporcionan, juntamente con los correspondientes a los de las otras innovaciones estudiadas, la base de los análisis posteriores. Estos pueden observarse en la Fig. 1, en la que están señalados con signos abiertos. En dicha figura se puede apreciar también la evolución de los eventos y las interacciones de las distintas ramas de la ciencia y de la tecnología.

B.2) - FERRITAS MAGNETICAS

Las ferritas magnéticas o cerámicas magnéticas constituyen una clase de materiales cerámicos que combinan propiedades magnéticas que se asemejan a un metal, con propiedades eléctricas que se asemejan a un aislador. El resultado es un imán con bajas pérdidas eléctricas.

Se clasifican por sus propiedades magnéticas en ferritas blandas y duras. Son usadas en comunicaciones, industrias de la radio y de la televisión, computadoras (aunque hoy están desplazadas), radar, control de tráfico aéreo, industrias del entretenimiento, etc.

Las ferritas tienen una gran trascendencia económica y social y, a través de sus numerosas aplicaciones, juegan un papel significativo, aunque generalmente no visible, en la vida moderna. Como ejemplo de su importancia económica, el estudio menciona que la fabricación de cerámicas magnéticas en EE.UU., durante 1970, alcanzó la cifra de 135 millones de dólares, aunque el valor final de los productos y sistemas de los cuales constituyen componentes esenciales, es considerablemente mayor.

Necesidades que motivaron el desarrollo de las Ferritas

La necesidad básica, al tiempo de inicio de los trabajos en Philips, era de un material magnético aislador.

La industria telefonica, ya con problemas de conmutación y de transmisión, deseaba, no obstante, expandir sus capacidades de transmisión, por lo que, para las operaciones múltiples, se necesitaban mayores anchos de banda y, por consiguiente, componentes magnéticos para filtros. Asimismo, las líneas de transmisión tenían que ser cargadas con inductores.

Las propiedades de los materiales magnéticos metálicos, por ese entonces, sin embargo, impedían la operación eficiente a altas frecuencias.

La industria de la televisión, por otra parte, requería componentes especiales para los aparatos de televisión como, por ejemplo, los transformadores de flyback y los imanes de deflexión, los que usan las propiedades magnéticas de materiales, pero a relativamente altas frecuencias. Las propiedades de las ferritas de Philips cubrieron una necesidad en este campo y condujeron a su posterior desarrollo, por muchas compañías, en las industrias del entretenimiento.

Una tercera necesidad fué el resultado directo de la II Guerra Mundial. A su finalización, muchos científicos y tecnólogos que habían estado trabajando en proyectos militares, deseaban regresar a sus estudios académicos. El gobierno de los EE.UU., sin embargo, comprendió que si ese país no deseaba enfrentar en el

futuro un déficit tecnológico como le ocurrió en 1941, los científicos e ingenieros debían continuar realizando investigación relevante a diferentes necesidades militares, como computadoras, espoletas de proximidad, radar, sonar, equipos de comunicaciones y amplificadores magnéticos. Para ello, se organizaron Agencias de financiación en las tres Armas. Comenzando con el Office of Naval Research (ONR) en 1946, estas agencias apoyaron proyectos de investigación básica y orientada en la industria y en las universidades, con la expectativa de que aparecerían innovaciones si se permitía que los científicos e ingenieros trabajaran en sus propios problemas. Mientras tanto, se iría acumulando el conocimiento científico necesario.

Antecedentes de la innovación

Esta innovación procede de la confluencia de 4 grandes canales científico-tecnológicos en química cristalográfica, telecomunicaciones, materiales cerámicos y teoría del magnetismo, los que finalmente desembocan en los desarrollos que conducen a las ferritas de tipo duro, blando, de microondas y de lazo cuadrado.

Se considera que el concepto inicial del proceso innovativo propiamente dicho, comenzó con el trabajo de Snoek (1933) dirigido a la obtención de materiales mejorados con propiedades magnéticas convenientes para determinadas aplicaciones, y del que resultó exitosamente un material ferromagnético homogéneo y con alta resistividad.

Durante la mayor parte del período de desarrollo (1933-1950) sólo apareció en las publicaciones información técnica básica sobre el tema, pues muchos de los trabajos se realizaban en laboratorios industriales, por lo que la información tenía carácter propietario y por consiguiente no se publicaba. La información proveniente de laboratorios gubernamentales resultaba igualmente retenida pues era clasificada como secreto militar. Las universidades publicaban trabajos sólo a nivel de ciencia básica.

La histografía de este desarrollo se encuentra esquematizada en la Fig. 2.

Química cristalográfica

Los conocimientos científicos que proceden por esta vía se inician con el descubrimiento de los rayos X, por Roentgen, en 1895. Siguen luego los experimentos de difracción realizados en 1912 por Friedrich, Knipping y Laue. En 1914-15, Bragg formula la ley que lleva su nombre y determina la estructura cristalina de los minerales magnetita (Fe_3O_4) y espinel (MgAl_2O_4), lo que constituye un conocimiento fundamental para comprender la estructura de las ferritas. Independientemente, Nishikawa determina también la estructura cristalina de estos compuestos.

Continúa luego una serie de avances, que pueden seguirse en la Fig. 2, merced los cuales se establecen los fundamentos de la química de cristales (1920), se obtiene la clasificación de estructuras de cristales inorgánicos (1926), se desarrolla la teoría de ligadura de las estructuras cristalinas (1929), culminando este campo con los adelantos obtenidos en el crecimiento de cristales y el conocimiento de las relaciones entre la red cristalina y las propiedades eléctricas (1946-1955).

Telecomunicaciones

A comienzos de siglo se produce el desarrollo de la industria electrotécnica y de alta frecuencia, para responder a los requerimientos originados por las técnicas de radiotransmisión.

Entre 1935 y 1944 se establece el vínculo entre los trabajos de Snoek sobre materiales y las propiedades eléctricas, mientras que en el período 1945-47 se desarrollan las aplicaciones de las ferritas a las telecomunicaciones.

Teoría magnética

Desde el desarrollo de la Teoría del Electromagnetismo por Maxwell (1864) se sucede una importante serie de trabajos en el área de la ciencia básica, que incluye la teoría de Weiss del campo molecular y su hipótesis de la existencia de dominios e interacciones en el ferromagnetismo (1907), la teoría cuantitativa mecánico-cuántica del ferromagnetismo (1928-1934), las teorías sobre susceptibilidades eléctricas y magnéticas (1932-37), apareciendo también la explicación del origen de los dominios en función de campos magnéticos (1935), lo que es seguido en el período 1936-40 por numerosos trabajos teóricos sobre magnetismo y comportamiento de dominios y en 1946 sobre el tamaño crítico en el comportamiento de dominios simples.

En paralelo a este prolongado período se desarrollan las teorías que explican la fuerza coercitiva por tensiones internas en los materiales (1929) y que vinculan la ausencia de tensión con pérdidas por histéresis (1932), lo que tiene un efecto directo en el desarrollo de los materiales cerámicos.

Se llega así a un evento decisivo en el ámbito de la investigación aplicada, constituido por la decisión de Bell Telephone Laboratories de dar un decidido impulso a los estudios magnéticos (1946 - década 1950), lo que se refleja en la contratación de científicos y expertos para trabajar en el tema.

Culminando este canal de desarrollo, Neel introduce su teoría sobre el ferromagnetismo (1948), estableciendo los fundamentos teóricos para la comprensión de propiedades de ferritas

y dando ímpetu a la síntesis de nuevos materiales ferríticos. La predicción de propiedades se convirtió, así, en una ciencia exacta.

Materiales cerámicos

El rastreo de esta línea lleva a una patente de un aislante 'magnético' sintético (Hilpert, 1909). Sin embargo, la ferrita era inestable y tenía pérdidas, por lo que no resultaron innovaciones técnicas.

En 1932, Kato realizó trabajos con ferritas de cobalto, constituyendo el primer material magnético permanente de ferrita mencionado en la literatura, aunque nunca fue usado comercialmente debido a su costoso contenido de Co y porque sus propiedades eran sub-óptimas.

Los decisivos trabajos de Snoek se realizan en los laboratorios de Philips (1933), donde se inicia verdaderamente el desarrollo sistemático de la tecnología de las ferritas. Este comenzó investigaciones sobre sus propiedades magnéticas y en 1936 publicó un detallado estudio de las propiedades eléctricas y magnéticas de ferritas binarias y produjo con todo éxito material homogéneo ferromagnético y con alta resistividad.

Posteriormente (1946) el mismo Snoek dió un firme fundamento para obtener ferritas mejoradas y estableció la importancia del contenido correcto de oxígeno y de la homogeneidad, produciendo materiales (1948) para cubrir los requerimientos de ingeniería.

Se han descrito sintéticamente los grandes canales científico-tecnológicos que desembocan en los particulares campos de los diferentes tipos de ferritas ya mencionados, y cuya ulterior evolución puede apreciarse en Fig. 2, en obsequio a la brevedad de la síntesis que estamos tratando de formular.

A través de estos desarrollos específicos se llega a las innovaciones que significaron la introducción en el mercado de las ferritas duras, usadas en parlantes compactos, motores miniaturizados para automóviles y aplicaciones portátiles para consumidores; ferritas blandas, utilizadas en transformadores, inductores, cabezas grabadoras para TV, telecomunicaciones y equipos de grabación; ferritas de microondas, usadas en moduladores y conmutadores de microondas para radar y dispositivos de rastreo y localización, y, por último, las ferritas de lazo cuadrado que fueron usadas en computadoras con fines de almacenamiento y recuperación de información.

Como no hemos seguido en forma completa, por brevedad, la evolución de los acontecimientos relacionados con esta innovación, habiéndolos remitido a su historiografía (Fig. Nº 2) para la observación de las interacciones más recientes, y puesto que el estudio que estamos examinando pone luego el énfasis en el análisis

correspondiente a los eventos decisivos, se da a continuación una síntesis de los 7 eventos decisivos que fueron identificados en dicho estudio:

- 1) J.L. Snoek (Philips, 1933) comienza a trabajar en materiales magnéticos. El reconocimiento por Philips que era posible obtener un material acorde con sus necesidades, condujo a la decisión de financiar estas investigaciones. Es probable que Snoek haya influido en esta decisión y que el director del laboratorio haya sido favorable al proyecto. Tuvo influencia en el desarrollo de ferritas en este laboratorio, la combinación de la necesidad en telecomunicaciones con la estrecha asociación de ingenieros electricistas, motivados por obtener su mejoramiento, con físicos y científicos en materiales interesados en comportamientos magnéticos y en el estudio de propiedades.
- 2) Se organizó el Office of Naval Research (1946) como la primera agencia del Gobierno Federal para financiar la investigación. Este evento, y la siguiente creación de otras agencias de financiación, permitió que significativas sumas de dinero fluyeran a las universidades y a la industria para investigaciones que de otro modo no se habrían llevado a cabo con vigor, o que tal vez no se habrían realizado nunca. Algunos de estos fondos fueron destinados a ferritas. Sin esta base de financiamiento, el desarrollo de ferritas se habría demorado considerablemente.
- 3) Bell Telephone Laboratories (BTL) (1946 - década 1950) puso un acentuado énfasis en investigaciones sobre magnetismo. La decisión de dirección (management) de llevar a cabo estudios magnéticos resultó en la contratación de varios PhD a fines de la década del 40 y principios de la del 50, para trabajar en materiales magnéticos. Algunos de los esfuerzos pueden haber sido una duplicación de lo hecho en Philips, pero había una reconocida necesidad y la comprensión que la solución al problema existía en el trabajo sobre nuevos materiales. Uno de los resultados de este énfasis fue la contratación del Prof. C. Kittel.
- 4) E. Albers-Schoenberg (General Ceramics, 1948) comenzó amplios estudios sobre ferritas. A causa de su dedicación y de su habilidad para conseguir financiación de Signal Corps y del MIT, el desarrollo de ferritas progresó rápidamente en General Ceramics.
- 5) J.J. Went y G.W. Van Oosterhout (Philips, 1949) describieron las propiedades de las ferritas magnéticas duras. La observación de las propiedades magnéticas duras de las ferritas de Ba, en Philips, y el reconocimiento de su potencial económico, fue decisivo para el desarrollo comercial de esta importan-

te clase de materiales. Este fue un desarrollo práctico, pues en Japón, Kato había ya estudiado las ferritas de Co. Aunque algunas ferritas de Co estaban en el mercado, no eran tan prácticas como las de Ba.

- 6) Las industrias electrónicas, en EE.UU. y Europa (1947 hasta principios de los 50) llevaron a cabo extensas investigaciones aplicadas. La amplia comprensión de los laboratorios industriales que las ferritas generalmente eran útiles en la industria electrónica, condujo a una proliferación de esfuerzos para desarrollar usos en productos comerciales y de consumo. Muchos de ellos obtuvieron fondos del gobierno para llevar a cabo investigaciones aplicadas en ferritas. Algunas compañías contrataron científicos que habían trabajado en el desarrollo de ferritas en laboratorios universitarios y del gobierno, para encabezar sus trabajos.

- 7) C.L. Hogan (BTL, 1951) inventó el gyrator de ferrita. El gyrator es un elemento pasivo no-recíproco de una red, cuya característica de transmisión difiere si la dirección de la señal se revierte. En la región de microondas, una sustancia ferromagnética magnetizada exhibe una rotación de Faraday del plano de polarización; las ondas que viajan en direcciones opuestas tienen diferentes velocidades de fase y puede hacerse así que tengan diferentes características de propagación.

Este es un ejemplo de lo que ocurre en muchos campos de la ciencia y la tecnología, los cuales se desarrollan hasta un nivel en el que un individuo perceptivo puede juntarlos resultando un invento significativo. Se requirió la investigación fundamental realizada en fenómenos giromagnéticos, la previa descripción teórica de un gyrator y la financiación de la investigación en microondas por los Bell Laboratories, para que Hogan pudiera arribar al concepto de un dispositivo satisfactorio.

El éxito de estos esfuerzos fue el resultado de la confluencia de ciencia básica y tecnología a lo largo de varios canales de desarrollo, demostrándose en su transcurso la importancia de los trabajos en equipo dentro de la organización que buscaba la innovación.

Su estudio permite también observar que su necesidad, como asimismo su mercado potencial, fue claramente reconocido desde el principio, y que las decisiones de dirección (de management) fueron muy importantes, representando grandes compromisos técnicos y financieros. La participación del campeón del producto o empresario técnico, fue evidente por lo menos en dos oportunidades.

Igualmente, se comprueba que la financiación del gobierno jugó un papel fundamental en algunas fases del proceso innovativo. Se re-

quirieron también, durante su transcurso, inventos de apoyo y de un considerable intercambio personal de conocimientos técnicos en las etapas finales.

B.3) - ANALISIS DE RESULTADOS

Durante el análisis que se realiza en el estudio, se examina la importancia de ciertos *factores* sobre los *eventos decisivos* para descubrir la dinámica del proceso innovativo.

Además, se estudiaron las *historias*, como un todo, de las 10 innovaciones, para buscar generalizaciones sobre el *proceso innovativo* en sí.

Finalmente, se analizaron los *eventos significativos* con el fin de proveer una ulterior comprensión de las contribuciones y las interacciones de la ciencia y la tecnología en el proceso innovativo.

Análisis de los factores que influyen los "eventos decisivos"

Una dificultad básica en el estudio de los eventos decisivos es que éstos, por sí mismos, no arrojan luz sobre la dinámica subyacente en su iniciación e interacción.

Con el fin de comprender la dinámica del proceso innovativo, es necesario estudiar los factores importantes que afectan a tales eventos.

Se encontraron 21 factores (externos e internos al proceso innovativo) que tuvieron relevancia sobre dichos eventos decisivos.

Los primeros 3 están relacionados con influencias motivacionales:

- *Reconocimiento de una oportunidad científica*: motivación para la adquisición oportuna de nuevo conocimiento fundamental.
- *Reconocimiento de una oportunidad técnica*: motivación para el oportuno mejoramiento.
- *Reconocimiento de la necesidad*: motivación para resolver el problema o satisfacer la necesidad mediante la eventual innovación.

Los 4 factores siguientes involucran acciones tomadas conscientemente por la Dirección (Management):

- *Decisión de riesgo de la Dirección (Management Venture Decision)*: decisión de una organización de invertir en una actividad técnica de relativamente gran escala.
- *Disponibilidad de fondos*: la existencia, más que la extensión, de apoyo financiero. A principios de un proceso innovativo, aún cantidades limitadas de fondos posibilitan experimentos críticos que pueden influir las decisiones de la Dirección.
- *Dirección interna de I y D (Internal R & D*

Management): rol de los supervisores y otro personal directivo dentro de la organización ejecutora. Incluye a quienes dan sugerencias específicas y directivas al personal de I D, establecen objetivos y cronogramas y asignan personal.

- *Análisis formal de mercados*: estudios de factibilidad económica de una innovación, especialmente estimaciones de su mercado potencial.

Los 4 siguientes factores pueden incluir Dirección en algún sentido, pero no necesariamente implica acción específica de Dirección (Management):

- *Anterior demostración de factibilidad técnica*: actividades anteriores que establecieron la practicabilidad de un desarrollo ulterior o la utilidad de una investigación adicional.
- *Informante tecnológico (Technological Gatekeeper)*: un individuo que identifica información científica o técnica de relevancia a los intereses y actividades de los investigadores. Ha sido enfatizado su rol en la literatura.
- *Empresario técnico (Technical Entrepreneur)*: un individuo dentro de la organización ejecutora que lidera una actividad científica o técnica. Es llamado también, a veces, un "campeón del producto" (product champion).
- *Consideraciones de patente/licencia*: existencia de patentes de protección de inventos o de acuerdos de licenciamiento.

Los 4 factores siguientes describen las influencias de los grupos de colegas o pares que actúan sobre el científico de I y D:

- *Grupo de interés tecnológico*: un grupo de investigadores de diferentes instituciones que intercambian ideas y hallazgos vía encuentros personales, cartas, etc. a diferencia de los canales formales de comunicación (publicaciones).
- *Colegas internos*: personal técnico dentro de la organización ejecutora que colabora en la actividad o que la facilita.
- *Dirección externa de personal de I y D*: sugerencias de metas y vías de ataque por personas fuera de la organización ejecutora.
- *Presiones competitivas*: competencia entre personas y organizaciones que trabajan en la misma área técnica.

Los 2 siguientes factores son no planeados o accidentales:

- *Sorpresa (Serendipity)*: emergencia, durante el evento, de resultados científicos o técnicos inesperados que resultan útiles en la promoción de la innovación.
- *Confluencia tecnológica*: unión de canales principales de desarrollo, a menudo de diferentes campos científicos, que hace posible nuevos avances.

Los 4 factores finales son externos y forman el ambiente general dentro del cual se desarrolla el proceso innovativo:

- *Factores económicos generales:* como recesión o depresión.
- *Factores sociales:* tales como costumbres,

TABLA 1									
Frecuencia con que aparecen los factores en los eventos decisivos y su calificación.									
FACTORES	F R E C U E N C I A S								D
	3	2	1	0	-1	-2	-3	NA	
Reconocimiento de una oportunidad científica	17	20	23	26	-	-	-	1	2
Reconocimiento de una oportunidad técnica	52	23	9	2	-	-	-	1	2
Reconocimiento de la necesidad	47	12	8	19	-	-	-	1	2
Decisión de la Dirección (Management Venture Decision)	31	7	4	19	-	-	-	26	2
Disponibilidad de fondos	29	23	21	11	-	-	-	3	2
Dirección interna de Investigación y Desarrollo	13	28	11	10	1	0	0	22	4
Análisis formal de mercado	1	2	4	36	0	2	0	38	6
Demostración anterior de factibilidad.	19	19	16	23	-	-	-	10	2
Informante tecnológico (Technological Gatekeeper)	13	10	19	34	-	-	-	3	10
Empresario técnico (Technical Entrepreneur)	25	21	14	22	-	-	-	0	7
Consideraciones de patente/licencia	24	7	16	19	0	0	0	20	3
Grupo de interés tecnológico	9	14	18	39	-	-	-	4	5
Collegas internos (In-House Colleagues)	14	25	16	22	-	-	-	4	8
Dirección externa al personal de Inv. y Desarrollo	5	7	2	63	0	0	0	9	3
Presiones competitivas	16	5	16	46	0	0	0	3	3
Resultados técnicos o científicos inesperados (Serendipity)	5	5	6	67	-	-	-	2	4
Confluencia tecnológica	17	14	13	42	-	-	-	1	2
Factores económicos	4	9	17	54	1	1	1	0	2
Factores sociales	0	3	4	74	1	5	0	0	2
Factores políticos	3	1	7	73	2	0	1	0	2
Factores de la salud y medio-ambientales	8	5	20	53	0	1	0	0	2

TABLA II				
Proporción acumulada de calificaciones positivas.				
FACTORES	CALIFICACIONES			
	3	2	1	0
Reconocimiento de una oportunidad científica	.198	.430	.698	1.000
Reconocimiento de una oportunidad técnica	.605	.872	.977	1.000
Reconocimiento de la necesidad	.547	.686	.779	1.000
Decisión de la Dirección (Management Venture Decision)	.508	.623	.689	1.000
Disponibilidad de fondos	.345	.619	.869	1.000
Dirección interna de Investigación y Desarrollo	.210	.661	.839	1.000
Análisis formal de mercado	.023	.070	.163	1.000
Demostración anterior de factibilidad	.247	.494	.701	1.000
Informante tecnológico (Technological Gatekeeper)	.171	.303	.553	1.000
Empresario técnico (Technical Entrepreneur)	.305	.561	.732	1.000
Consideraciones de patente/licencia	.364	.470	.712	1.000
Grupo de interés tecnológico	.112	.288	.512	1.000
Colegas internos (In-House Colleagues)	.182	.506	.714	1.000
Dirección externa al personal de Investigación y Desarrollo	.065	.156	.182	1.000
Presiones competitivas	.193	.253	.446	1.000
Resultados técnicos o científicos inesperados (Serendipity)	.060	.120	.193	1.000
Confluencia tecnológica	.198	.360	.512	1.000
Factores económicos	.048	.155	.357	1.000
Factores sociales	.000	.037	.086	1.000
Factores políticos	.036	.048	.131	1.000
Factores de salud y medioambientales	.093	.151	.384	1.000

creencias y actitudes del grupo.

— *Factores políticos*: tales como elecciones o guerra.

— *Factores de la salud y del ambiente*: tales como hambre o enfermedad.

Cada factor fué juzgado por su grado de importancia sobre cada uno de los eventos decisivos de cada innovación. Se asignó una escala de valores 3, 2, 1 y 0 que significaban importancia alta, moderada, baja o ninguna. Se asignó un valor positivo cuando el factor facilitó el evento, y negativo en caso contrario.

Se formó una matriz para cada innovación poniendo los 21 factores como filas y los diferentes eventos decisivos de la innovación bajo

estudio como columnas, calificándose cada factor según su importancia en la ocurrencia de cada uno de los eventos decisivos consignados.

Importancia relativa de los factores

Se analizaron así los 89 eventos decisivos correspondiente a las 10 innovaciones según los 21 factores antes mencionados.

En la Tabla I se consigna el número de veces que cada factor apareció en cada uno de los diferentes niveles de importancia, en el análisis de los 89 eventos decisivos (suma de calificaciones sobre las 10 matrices correspondientes).

Un factor puede no ser calificable en algunos eventos, como por ejemplo la importancia de un análisis formal de mercado para una investigación básica realizada en una universidad. En estos casos se consignan las letras NA (No Aplicable). Para algunos eventos no se puede formular un juicio sobre el grado de importancia de ciertos factores. En estos casos se consigna la letra D (Desconocido). Es la situación de antiguos eventos en los que no se ha tenido la oportunidad de tener contacto directo con las personas involucradas.

La Tabla II da los porcentuales de ocurrencia relativos al nivel 3 de importancia en la primer columna y para los otros niveles la suma de los porcentuales del nivel considerado más el de los niveles precedentes en importancia, considerando sólo las calificaciones positivas.

Se realizaron análisis estadísticos sobre la base de técnicas de test de muestreos, concluyéndose que el ordenamiento de factores por orden de importancia coincide con el mostrado en la columna 2 (importancia 3+2) de la tabla precedente, el que se reproduce para su análisis en Tabla III.

El 87% asignado al "Reconocimiento de una oportunidad técnica" muestra la fuerte motivación despertada por la posibilidad de crear un proceso o producto mejorado.

El "Reconocimiento de la necesidad", juzgado importante en el 69% de los casos, confirma ampliamente el hallazgo de otros estudios que encontraron que la innovación responde frecuentemente a la fuerza del mercado (market pull).

La relevancia de estos dos factores muestra la importancia de los estudios prospectivos para la determinación de oportunidades.

Reforzando esta conclusión, se observa la escasa importancia del "Análisis formal de mercado". A este respecto es oportuno comentar lo ocurrido en el caso del marcapasos cardíaco. La compañía Medtronic, habiendo percibido la necesidad de este dispositivo, pese a que a principios de la década del 60 ello no era evidente, compró los derechos en exclusividad

TABLA III	
Porcentaje de importancia moderada o alta, para cada factor.	
FACTORES	Porcentaje de eventos decisivos en los que aparece el factor.
Reconocimiento de una oportunidad técnica	87
Reconocimiento de la necesidad	69
Dirección interna de Investigación y Desarrollo	66
Decisión de la Dirección (Management Venture Decision)	62
Disponibilidad de fondos	62
Empresario técnico (Technical Entrepreneur)	56
Colegas internos (In-House Colleagues)	51
Demostración anterior de factibilidad	49
Consideraciones de patente/licencia	47
Reconocimiento de una oportunidad científica	43
Confluencia tecnológica	36
Informante tecnológico (Technological Gatekeeper)	30
Grupo de Interés tecnológico	29
Presiones competitivas	25
Dirección externa al personal de Inv. y Desarrollo	16
Factores económicos	16
Factores de salud y medioambientales	15
Resultados técnicos o científicos inesperados (Serendipity)	12
Análisis formal de mercado	7
Factores políticos	5
Factores sociales	4

a Chardack-Greatbatch del marcapasos implan-
table. En 1961 Medtronic soportó la pérdida
de 12.000 dólares mensuales durante 12 meses
consecutivos. Durante este período crítico, una
gran corporación tuvo la oportunidad de adqui-
rir la compañía en términos económicos muy
atractivos. Sin embargo, y sobre la base de un
análisis formal de mercado, cuyo resultado no
fué alentador respecto del potencial de este
campo, decidió no adquirirla. Luego del perío-
do de pérdidas, Medtronic comenzó a dar ga-
nancias siempre crecientes, habiendo trepado
las ventas anuales netas de menos de u\$s
200.000 en 1960, a más de u\$s 30.000.000 en
1971.

La importancia del medio ambiente institu-
cional se evidencia a través de los altos valores
(todos superiores al 50%) obtenidos por los
factores específicos (Dirección Interna de I y
D, Disponibilidad de Fondos, Decisiones de
Riesgo de la Dirección, Empresario Técnico y
Colegas Internos).

El Empresario Técnico (Technical Entrepre-
neur) se juzgó más importante que el "infor-
mante Tecnológico" (Technological Gatekee-
per), pues una investigación detallada mostró
que el último resultó muy importante un par
de veces en la historia de las innovaciones,
mientras que el "Empresario Técnico" juega un
muy importante papel a través de todo el pro-
ceso innovativo. La importancia de este hecho
se realza por las numerosas referencias que se
encuentran en la literatura respecto a la acción
del Technological Gatekeeper.

Los 4 factores generales (Económico, Social,
Político y de Salud y Medio Ambiente) fueron
de baja importancia con respecto a los eventos
decisivos colectivamente. Cada factor, sin em-
bargo, fué moderado o altamente importante
para uno o más eventos decisivos. Es el caso
del marcapasos y los tabúes sociales respecto al
manipuleo cardíaco.

Características del proceso innovativo Análisis de las historias de los casos.

Adicionalmente al análisis de los factores y
su impacto sobre los eventos decisivos, se exa-
minaron las historias de las 10 innovaciones en
busca de "características" cualitativas que arro-
jarian luz sobre el *proceso integral*.

Debe señalarse que un factor que tenga un
bajo valor con respecto a los eventos decisivos
puede, sin embargo, ser importante para la in-
novación en su conjunto. Tal es el caso de los
"Factores Sociales" que se consideraron alta o
moderadamente importante en solo el 4% de
los eventos decisivos. Esto no significa que los
factores sociales no sean importantes para el
proceso de innovación.

Se examinaron ocho importantes caracterís-
ticas de la innovación, frecuentemente observa-

TABLA IV

*Características previamente informadas del
proceso innovativo.*

1. *Temprano reconocimiento de la necesidad*
El reconocimiento de la necesidad de la
innovación generalmente ocurre antes que la
disponibilidad de los medios tecnológicos
para satisfacerla.
2. *Inventor independiente*
Este, trabajando por su cuenta, es a menudo
importante en la iniciación del proceso.
3. *Empresario técnico (Technical Entrepre-
neur)*
Este es importante en la culminación exi-
tosa de la innovación.
4. *Invencción externa*
Muchas innovaciones se originan en inventos
que ocurren fuera de la organización que
desarrolló la innovación.
5. *Financiación gubernamental*
Esta financiación es importante en muchas
innovaciones.
6. *Transferencia informal de conocimiento*
Las innovaciones se facilitan por la transfe-
rencia informal de conocimiento, mucho
más que a través de los canales formales de
comunicación.
7. *Inventos de apoyo*
Las innovaciones generalmente requieren in-
ventos de apoyo adicionales al invento de
iniciación.
8. *Confluencia de tecnología no planeada*
El proceso innovativo es frecuentemente fa-
cilitado por una confluencia no planeada de
tecnología.

cas e informadas en estudios previos del proce-
so innovativo, por su significación en cada una
de las diez innovaciones estudiadas, cada una a
su vez considerada como un todo.

Varias, pero no todas, son similares a algu-
nos de los 21 factores vistos anteriormente.
Cuando ello ocurre, y si ambos, el factor y la
característica, califican alto en el análisis, pue-
de entonces adscribirse una considerable signi-
ficación a la característica y a su influencia
sobre el proceso innovativo.

En la Tabla IV se consignan las caracterís-
ticas mencionadas.

La importancia de dichas características se
expresa en la Tabla V.

En 9 de las 10 innovaciones estudiadas el
"reconocimiento de la necesidad" originó el
proceso innovativo y fué anterior a la existen-
cia de medios para satisfacer esa necesidad.
Este reconocimiento resultó también muy im-
portante en los eventos decisivos individuales,
pero actuando en ese caso para dar respuesta a
una necesidad concreta, particular, dentro del
proceso innovativo.

El Empresario Técnico (Technical Entrepre-

TABLA V	
Características del proceso innovativo	
Innovación	Característica Temprano reconocimiento de necesidad Inventor independiente Technical Entrepreneur Invención externa Financiamiento del Gobierno Transferencia informal de conocimiento Inventos de apoyo (Supporting Inventions) Confluencia de tecnología no planificada
Marcapasos	x x x x - x x x
Maz híbrido	- - x x x x x x
Pequeños granos híbridos	x - - x x x x x
Trigos de la Revolución verde	x - x - x x x x
Electrofotografía	x x x x - (a) x x x
Análisis económico de Input-Output	x x x x x x x x
Insecticidas orgánicos/fosfóricos	x - x x (b) x x x
Contraceptivos orales	x - x x - x x x
Ferritas Magnéticas	x - x - x x x x
Registrador de videotape	x - x x - - x x

(x): Indica que la característica es importante para la innovación.
 (-): Indica que no es importante.
 (a): Fondos limitados del Gobierno, sin embargo, fueron provistos a un desarrollo relacionado.
 (b): Ocurrió un "Invento externo" sólo porque la 2ª Guerra Mundial permitió a American Cyanamid poner en el mercado la innovación antes que I.G. Farben.

neur) fué importante para la culminación exitosa de la mayoría de las innovaciones estudiadas, coincidiendo con otros estudios previos.

El estudio destacó la importancia de individuos claves (inventores, entrepreneurs, gatekeepers) que proveyeron vínculos entre investigadores, instituciones e intercambiaron información y que proveyeron la persistencia y la perseverancia necesarias para vencer los inevitables obstáculos.

Tres de las innovaciones fueron iniciadas por inventores independientes coincidiendo con otros estudios que muestran la importancia de sus contribuciones para la iniciación de los procesos de innovación. Sin embargo, fueron or-

TABLA VI	
Clasificación de eventos por tipo	
Innovación	Eventos Significativos(a) IB IO DES NT Total Eventos Decisivos(a) IB IO DES NT Total
Marcapasos	18 51 27 6 102 0 7 6 0 13
Maz híbrido	9 13 4 2 28 1 3 0 0 4
Pequeños granos híbridos	3 9 3 0 15 1 6 0 0 7
Trigo de la Revolución Verde	3 8 3 1 15 0 4 1 0 5
Electrofotografía	29 12 25 0 66 0 1 13 0 14
Análisis económico de Input-Output	16 15 15 2 48 2 5 2 0 9
Insecticidas orgánicos/fosfóricos	13 19 8 2* 42 3 4 3 0 10
Contraceptivos orales	44 17 13 1 75 5 5 4 1 15
Ferritas magnéticas	27 28 9 1 65 1 5 1 0 7
Registrador de videotape	17 31 29 0 77 0 0 5 0 5
TOTAL	179 203 136 15 533 13 40 35 1 89
Porcentaje (b)	34 38 26 3 100 15 45 39 1 100

(a) IB: Investigación Básica
 IO: Investigación Orientada
 DES: Desarrollo
 NT: Evento No Técnico
 (b) los porcentajes pueden no sumar 100 debido a redondeos.

ganizaciones (no individuos) las que llevaron a buen término finalmente las innovaciones correspondientes.

Se observa también la importancia de la financiación del gobierno y de la transferencia informal de conocimiento e información.

El cuadro, en general, corrobora la importancia real de los factores seleccionados y su participación en los procesos innovativos bajo estudio.

Cabe destacar, sin embargo, la necesidad de descubrimientos e inventos adicionales a los que originaron el proceso. Esta necesidad explica por qué el proceso innovativo involucra complicadas realimentaciones y no es una simple progresión lineal de investigación básica a investigación orientada y luego a desarrollo.

El proceso innovativo implica una actividad iterativa de investigación, aparición de problemas, nuevas investigaciones para su solución, etc.

Análisis de los eventos significativos

Un total de 533 eventos de investigación y desarrollo se juzgaron importantes para las 10 innovaciones estudiadas. Estos fueron clasificados por su tipo (investigación básica, orientada, desarrollo o no-técnico), tiempo de ocurrencia y ubicación (en EE.UU. o en el extranjero).

Dado que nuestra intención final en este trabajo no es estudiar exhaustivamente las interacciones de la ciencia y la tecnología en el proceso innovativo, sino fundamentalmente realizar una búsqueda de indicios que puedan señalar caminos aptos con el fin de establecer una metodología adecuada para una planificación eficaz en el campo de la tecnología, nos ocuparemos en este caso sólo de la clasificación por tipo, mostrada en la Tabla VI, la cual incluye también esta clasificación para los eventos decisivos.

Se observa que en el caso de los eventos significativos los porcentajes mayores corresponden a investigación básica (34%) y orientada (38%), mientras que para los eventos decisivos la mayoría corresponden a investigación orientada (45%) y desarrollo (39%), con sólo un porcentual del 15% para la investigación básica. Posiblemente esto refleja la tendencia de los eventos decisivos de ocurrir dentro o próximo al período innovativo y tal vez, por eso, con un carácter más aplicado de sus actividades, ya con una finalidad in mente.

Respecto a la duración del proceso innovativo, desde "primera concepción" de la idea a "primera realización", cuando la primera comercialización exitosa de la innovación entra en el mercado, para los 10 casos estudiados, se registra un espectro que va desde los 6 años para el registrador de videotape hasta los 32 años del

marcapasos cardíaco, con un promedio de 19.2 años. En el último caso el mayor lapso es debido a las dificultades encontradas, como tabúes sociales, oposición activa dentro de la profesión médica y la ocurrencia de la Segunda Guerra Mundial, aunque, probablemente, el mayor obstáculo fue la falta de tecnología adecuada, en el campo de la electrónica y los materiales.

Enos, usando una muestra de 35 innovaciones en la industria de la refinación del petróleo, encontró una media de 13.6 años, y la National Commission on Technology, Automation and Economic Progress halló un período de 14 años entre invención y aplicación comercial.

Este y otros estudios concordantes muestran que no es posible concluir por estudios de casos que el proceso de desarrollo tecnológico se va acortando con el tiempo, pues con una adecuada selección de éstos puede hacerse que los períodos se acorten o se alarguen, según sea la muestra que se seleccione.

B.4) - ANALISIS DE CONCLUSIONES

El análisis ha revelado diversas circunstancias de gran importancia pero, al momento, es oportuno concentrarse en dos de ellas que ayudarán a establecer pautas en la fijación de metodologías de planificación que lleven en forma natural a la formulación de políticas en el ámbito de ciencia y tecnología.

La primera es la trascendencia de poder prever oportunidades que, sea están subyacentes en la dinámica del mercado (reconocimiento de una necesidad) o que se presentan como corolario de la evolución científica y técnica que posibilita nuevos desarrollos innovativos (reconocimiento de una oportunidad técnica), las cuales figuran como de la mayor importancia.

La segunda es que tres de los cuatro factores que se refieren a acciones de dirección de la investigación y el desarrollo (Dirección Interna de ID, Decisiones de Riesgo de la Dirección y Disponibilidad de Fondos) se encuentran en puestos tope por su relevancia, lo que unido a la importancia que tienen los Colegas Internos y el Empresario Técnico, configuran en su conjunto la real trascendencia del ambiente institucional en el aliento de actividades científico-tecnológicas que puedan ser conducentes a desarrollos innovativos.

C) PROPUESTAS DE MODOS DE ACCION

Las circunstancias analizadas muestran abiertamente que a menos que se tenga una clara percepción de las oportunidades que puedan presentarse en el campo de la ciencia y la tecnología y que se tomen acciones que favo-

rezcan el proceso innovativo, como una dirección (management) adecuada en un ambiente institucional propicio, lo cual incluye la asignación de recursos (fondos y personal), es poco esperable obtener resultados verdaderamente positivos.

Si se desea llegar a un *perfil productivo* que explote todas las *ventajas comparativas* que el país pueda tener a nivel internacional para desplegar una actividad agraria e industrial que sea competitiva interna y externamente, es necesario *establecer modos de acción* que permitan llegar a la selección de los campos productivos escogiendo tecnologías que favorezcan al máximo estos campos de mayor eficiencia potencial.

Igualmente importante es evitar la obsolescencia de dichas tecnologías y lograr su perfeccionamiento o su reemplazo por otras más aptas (eficientes) a través del estímulo a las actividades creativas, que favorezcan la generación de innovaciones, manteniendo y renovando el vigor y la vitalidad de todo el sistema.

Esto nos lleva a pensar que es esencial concertar acciones para llevar a cabo una planificación integral en el área. Sin embargo, el problema de la planificación en el sector de ciencia y tecnología es especialmente delicado pues, a diferencia del campo económico en el que se trata fundamentalmente de aumentar la oferta de bienes y servicios, a través de la movilización de recursos, la formación de ahorros para los programas de inversión, la obtención de divisas para la importación necesaria, y donde se descuenta que la oferta genera su propia demanda, aquí el problema es no sólo el de aumentar la oferta de servicios del sistema científico-tecnológico sino esencialmente generar una demanda suficiente para que esos servicios sean realmente utilizados a pleno.

El impacto que tiene la introducción de nuevas tecnologías, surgidas esencialmente de las actividades de investigación y desarrollo, en el crecimiento económico, en la productividad industrial, en la mejora de las condiciones de competitividad comercial e industrial a nivel local e internacional, es un hecho reconocido. Ello ha motivado la realización de diversos estudios sobre las consecuencias negativas de la desinversión en el área tecnológica, y ha despertado interés por la conexión y la dirección de las actividades en investigación básica y aplicada.

La demanda de ciencia y tecnología puede generarse en diferentes partes del espectro del quehacer nacional, desde los sectores agrícolas y de industrias medianas, hasta el de las grandes industrias dinámicas o de avanzada, metal-mecánica, química, electrónica, nuclear, etc.

Pero es también a través del conocimiento o detección de problemas de orden diferente al del mero crecimiento económico, culturales, de la salud, sanitarios, sociales, del habitat, etc. y

que apuntan al nivel de bienestar de la vida, que pueden surgir problemas que requieren desarrollos científicos y/o tecnológicos para su solución.

Naturalmente, la política en el área debe estar integrada en un contexto más general, formulando un plan coherente con las acciones que se emprendan respecto a la transferencia de tecnología, régimen de patentes, tratamiento económico-financiero adecuado al sistema de creación de ciencia y técnica, etc.

Si la estrategia adecuada requiere la concentración de esfuerzos en áreas seleccionadas en las que la posesión de características o potencialidades especiales ofrece la posibilidad de competir exitosamente, ello implica que en los restantes campos deberá acudir al aporte de tecnología externa al sistema, pues no es concebible, ni es compatible, el aislacionismo tecnológico con el mantenimiento de la estructura productiva y el alto nivel de vida de un país moderno.

Esto significa que el sistema de ciencia y técnica debe proveer los conocimientos necesarios para importar adecuadamente la tecnología necesaria, lo que hoy constituye la fuente principal de nuestro avance tecnológico.

Pese a la necesidad de acudir al exterior para la provisión de tan importante insumo, puede, sin embargo, aliviarse en buena medida la dependencia que ello implica si se ha adquirido la capacidad de evaluación técnica.

Estimamos que en algunos campos la Argentina ya pasó el nivel de primera formación de conocimientos científicos y tecnológicos obteniendo un conveniente grado de autonomía que le ha permitido desagregar paquetes tecnológicos logrando una creciente participación nacional, como lo demuestra nuestra actividad nuclear entre otras. No obstante que el proceso es desparejo y falta aún un buen camino a recorrer, el procedimiento es claro y está bien comprendido.

Sin embargo, debe ampliarse la capacidad de "abrir", de desagregar, los "paquetes tecnológicos" en el proceso de adquisición, para permitir la participación local de suministros y de tecnologías periféricas que de otro modo se compran indiscriminadamente, evitando las clásicas cláusulas de atadura.

Siendo el sector público un importante consumidor de tecnología, resulta adecuado pensar en la formulación de una política coherente con lo anteriormente expresado.

Las prioridades deben fijarse procurando lograr un grado de autonomía adecuado en el área científico-tecnológica y en el proceso productivo.

Las líneas de acción primarias, por consiguiente, indican la necesidad de crear un sistema apropiado que contemple en forma coherente, además, los objetivos nacionales.

PLANIFICACION DE LARGO PLAZO

A fin de lograr programas de alto impacto es ya impensable mantener acciones que en gran medida son la respuesta a los requerimientos de científicos individuales, de grupos o de instituciones.

Es a todas luces conveniente, indispensable, formular procedimientos de planificación descentralizada que involucren a los investigadores y a los usuarios activamente en el proceso de planeamiento y, no obstante, llegar a la formulación de objetivos de carácter nacional.

Esto es fundamental para lograr planes realistas que tengan asegurada su implementación.

En tal contexto es necesario desarrollar una metodología en la planificación que permita, según lo hasta aquí visto:

- 1) Anticipar oportunidades científicas importantes y desafíos tecnológicos, a tiempo para iniciar acciones efectivas.
- 2) Reunir proyectos aislados en programas de mayor impacto y propiciar desarrollos tecnológicos en áreas bien escogidas, considerando que un país mediano como la Argentina sólo puede desarrollar tecnología propia en campos relativamente limitados.
- 3) Balancear programas en una estrategia para cada sector y del país en un todo.
- 4) Participar efectivamente en el sostén de objetivos nacionales.

En tal sentido y teniendo en cuenta las observaciones, recomendaciones y el resultado de los estudios hasta aquí analizados, y a fin de lograr una acción efectiva, en profundidad, parece indispensable dividir al sector productivo en los diferentes campos de actividad (enumeración ejemplificativa y no exhaustiva):

- Electrónica
- Industrias químicas
- Petroquímica
- Metalurgia
- Textiles
- Industria de la construcción
- Industrias de la producción de alimentos, bebidas y tabaco
- Tecnología agropecuaria
- Pesca. Recursos marinos y de la plataforma continental
- Bioingeniería
- Informática
- Suministro de electricidad
- Energía nuclear
- Industria naval
- Minería (minerales de baja ley)
- Productos forestales
- Contaminación ambiental

En cada uno de dichos sectores deberán formarse *comités* integrados por industriales, cien-

tíficos, tecnólogos (del gobierno y de las empresas privadas) y expertos (del país o del extranjero), en el campo específico, y líderes del gobierno.

La función de cada Comité consistiría en determinar las áreas o temas de interés potencial, fijar sus prioridades y formular los programas correspondientes, aconsejando sobre las líneas de acción a seguir e informando sobre los grupos científico-tecnológicos existentes que podrían tomar a su cargo la realización de las investigaciones correspondientes.

El procedimiento que parece apto para llegar a una cuidadosa selección de las áreas favorecidas, a través, por consiguiente, de una actividad de planeamiento integral, debería dividirse en las siguientes fases:

- Fase 1): Análisis prospectivo.
- Fase 2): Percepción de objetivos.
- Fase 3): Formulación de Programas y Prioridades.
- Fase 4): Financiación. Origen y destino de los recursos.
- Fase 5): Informes finales y seguimiento de las actividades (Control de Gestión)

Esta metodología es similar a la seguida por Noruega en su proceso de planificación.

Los siguientes comentarios pueden formularse a cada una de las actividades propuestas.

Fase 1: Análisis prospectivo

Esta es una etapa esencial a encomendar a los Comités, los cuales deberán definir, en cada uno de los campos de actividad, los cambios tecnológicos más importantes que su sector probablemente creará o enfrentará en el futuro.

Deberá incluir oportunidades, tendencias, desafíos o impactos impuestos por la ciencia y la tecnología dentro del sector. Los Comités, cuando sea necesario, podrán contratar la realización de tareas específicas a personas, grupos consultores o instituciones especialistas del país, cuando no lo integren, o del extranjero.

Al finalizar la etapa, deberán producir informes formales, de verdaderos análisis prospectivos, incluyendo los más importantes parámetros tecnológicos y evitando quedarse en la etapa de diagnóstico de la estructura existente del sector, o realizar meros informes de proyección de costos, comercio y otros datos económicos.

Esta actividad tiene la ventaja de involucrar a todos los grupos importantes del país, comprometiéndolos por su propio interés, por la posibilidad de que parte de los programas establecidos con las más altas prioridades sean finalmente adoptados.

Además, provee un medio esencial para pasar de la planificación por presupuestación anual a

su realización basada en perspectivas de largo plazo.

Naturalmente, hay que descontar que aquí se centrarán las mayores dificultades del programa, por las complejidades inherentes a todo proceso prospectivo, por la falta de conocimiento y experiencia en general en esta clase de actividad por parte de los probables integrantes de los Comités, y esencialmente porque no será una tarea encarada sobre la base de una dedicación exclusiva.

En Noruega han encontrado este tipo de dificultades, pero se ha informado que "todos los Comités evaluaron la Fase 1 como un proceso esencial".

Fase 2: Percepción de objetivos

Desde que el análisis prospectivo de la Fase 1 termina con informes de base, de antecedentes, proporciona elementos claves para esta etapa de percepción de objetivos, suministrando temas y eventos concretos para las discusiones sobre metas posibles.

Además, considerando que "los objetivos nacionales están compuestos de aspiraciones en continuo cambio de la gente y de los grupos de interés en una sociedad, la Fase 2 crea mecanismos a través de los cuales pueden obtenerse "percepciones útiles" de los objetivos nacionales", y proporciona un procedimiento dinámico para efectuar los ajustes necesarios.

El resultado de esta etapa puede dar lugar a cambios de líneas de acción o a la apertura de líneas completamente nuevas.

Fase 3: Formulación de Programas y Prioridades

Esta etapa debería proporcionar los siguientes resultados:

- 1) Establecer las metas generales y la estrategia de investigación y desarrollo (ID) de cada sector, por el período de planificación.
- 2) Identificar los principales campos dentro de cada sector en los que se requieren nuevos conocimientos y formular los programas para la adquisición de dichos conocimientos.
- 3) Determinar si tales conocimientos es mejor importarlos o desarrollarlos en el propio sistema de ID.
- 4) Considerar la financiación de ID, las fuentes de los fondos y la concreta posibilidad de la participación empresarial privada. En todos los casos deberá determinarse la forma de uso del conocimiento generado y la participación en los beneficios de las partes involucradas en caso de dar lugar a actividades rentables. Esto evitaría el apilamiento de patentes sin uso, ya comentado, en caso de desarrollos patrocinados por el Estado.

- 5) Formular planes concretos para los programas principales a ser financiados en el período establecido.
- 6) Evaluar las contribuciones potenciales de tales programas, los requerimientos de recursos y las probabilidades de éxito y establecer las prioridades entre los programas.
- 7) Considerar y recomendar programas que no sean de ID, necesarios para apoyar los programas técnicos propuestos y los objetivos del sector.

Los programas de esta etapa se referirán, naturalmente, a la estructura industrial, las capacidades de los sectores de ciencia y tecnología, la disponibilidad o posibilidades de formación de recursos humanos y a las tendencias, oportunidades, desafíos y objetivos nacionales definidos en las fases 1 y 2.

Debería obtenerse, a través de los sucesivos períodos de planificación, una creciente concentración de esfuerzos en una menor cantidad de áreas programáticas, evitando la tendencia a la generalización de esfuerzos, lo que disminuiría el impacto y las probabilidades de éxito de las líneas escogidas.

Uno de los aspectos críticos a considerar, pues, es evitar la tendencia a "hacer de todo un poco".

Una vez estructurados por los *Comités Sectoriales* los diferentes programas con su asignación de prioridades, todos los antecedentes y documentación reunidos deben pasar a un cuerpo de alto nivel, el cual funcionaría como un tipo *Consejo*. Este *Consejo* debería estar formado por prestigiosos científicos y tecnólogos, representantes de sectores de la industria, instituciones de ciencia y técnica, y funcionarios del Gobierno del más alto nivel en las áreas de Economía, Industria y Relaciones Exteriores, a fin de que, tomando las recomendaciones formuladas por los *Comités Sectoriales* correspondientes a los diferentes campos de actividad, y en función de todas las variables que puedan tener influencia en la formulación de una *estrategia global*, seleccione las áreas prioritarias finales y sus líneas de acción, que se juzguen más promisorias desde esta perspectiva global, en las que se concentrarán todos los esfuerzos del país, en forma integral, a fin de lograr una posición competitiva en los sectores escogidos.

En la formulación de tal estrategia global, adicionalmente a los factores específicos analizados por los *Comités Sectoriales*, deberán agregarse parámetros de carácter general (políticos, económicos, sociales, etc.), como asimismo toda posibilidad abierta al análisis en función de situaciones internacionales o de alternativas comerciales favorables (factores geopolíticos, posiciones de balanza comercial, con otros países, etc.). Es decir, deberá incluirse en la evaluación toda situación potencialmente favorable

que surja como resultado de un análisis formulado desde una perspectiva integral.

Debe enfatizarse que si se desean hacer máximas las posibilidades de éxito, es fundamental concentrar todas las capacidades de la nación, en producción primaria, en ciencia y tecnología, en el área económica y financiera (a través de medidas crediticias, fiscales, de fomento a las exportaciones, etc.), de política arancelaria, de patentes, de relaciones internacionales (capacidad negociadora del país), etc., a fin de ubicar competitivamente a la producción favorecida.

Que quede claro, es una *estrategia global, total*.

Fase 4: Financiación. Origen y destino de los recursos

Estructurada la programación definitiva para el período, con la fijación de las prioridades finales, se encargarán primordialmente los trabajos correspondientes a grupos existentes en el sistema de ciencia y técnica, potenciando al máximo la utilización de la capacidad científica instalada, evitando en lo posible la creación de nuevos institutos, manteniendo la descentralización de los grupos de investigación y permitiendo, sin embargo, que las actividades estén coordinadas hacia los objetivos establecidos.

Esta formulación permite la creación de nuevos programas o la adaptación de programas anteriores a diferentes ritmos, sin perder el punto de vista de que es esencial proteger y fortalecer el sistema de investigación básica de la Nación.

En función del grado de riesgo de las inversiones y de los beneficios que los programas prioritarios permitan avizorar, deben establecerse fuentes de financiación que pueden significar una composición mixta de aportes privados y estatales, complementadas con medidas económicas, financieras, impositivas, arancelarias, etc., debiéndose tener la especial precaución, con respecto al flujo de fondos que sostienen los proyectos, que sea el adecuado y tenga la continuidad necesaria.

Otra modalidad que debe contemplarse, que ya es usual en otras naciones, es el de la licitación de la investigación (de la forma "Request For Proposals", de los EE.UU.), según la cual se publica un llamado general a quienes se encuentran en el sistema de ciencia y técnica, para cubrir ciertas investigaciones o desarrollos específicos, con mención de los recursos disponibles.

Fase 5: Informes finales y seguimiento de las actividades (Control de Gestión)

La labor de planificación y la formulación

de los programas debe reseñarse en esta etapa. El curso de acción seguido permite integrar en forma creciente las actividades de investigación y desarrollo a los objetivos nacionales y patrocinar programas dentro de una estrategia global.

La planificación efectuada decide el énfasis que debe ponerse en cada sector, por el período que se considere. La misma deberá ir ajustándose periódicamente para asegurar la convergencia de los programas con los objetivos nacionales.

D) CONSIDERACIONES FINALES

Las ventajas que este curso de acción permiten son:

- 1) Mantener un continuo proceso de discusión, análisis y consulta sobre los objetivos nacionales.
- 2) Coordinar los programas técnicos principales hacia estos objetivos.
- 3) Mantener la independencia y la fortaleza de los grupos de investigación.
- 4) Concentrar proyectos parciales en programas de mayor impacto.
- 5) Adaptar programas seleccionados a los problemas y a las capacidades específicas del país.
- 6) Utilizar la tecnología del exterior cuando ello sea más conveniente.
- 7) *Crear fuertes capacidades competitivas en campos cuidadosamente seleccionados.*
- 8) Desarrollar una base flexible científica, tecnológica y de información.
- 9) Proveer oportunidades de investigación para la formación de personal científico.

En general puede decirse que estos modos de acción permiten una mayor comprensión y confianza por parte del público y de las autoridades sobre las reales bases y metas de los programas, permitiendo una discusión continua de los objetivos nacionales para la ciencia y la tecnología y el desarrollo de estrategias adecuadas para el sector.

Como se menciona en la literatura "El proceso de planificación fuerza a quienes deben tomar decisiones a enfrentar las opciones claves y a proyectar estrategias genuinas para la ciencia y la tecnología" y "aumenta el grado de conciencia de las relaciones críticas que existen entre tecnología y objetivos sociales".

Ex-profeso se evita toda consideración a estructuras de organización para llevar a cabo en forma óptima el esquema formulado, pues la intención es proponer una *metodología de planificación* que se estima es apta (en el sentido de eficaz y eficiente) y que puede tener en cuenta todas las circunstancias a que anteriormente se ha hecho referencia.

Esta metodología de planificación es, conforme ha sido reclamado en la literatura, continua, participativa, integral, coordinada e internamente coherente.

Como queda dicho, es una planificación participativa, efectuada de abajo hacia arriba, comprometiendo los diferentes niveles y a quienes serán luego sus ejecutores. Se comparten los objetivos y se aumenta el grado de comprensión de los programas y de sus metas.

"Las tecnologías nuevas resultan en nuevos sistemas de organización en el lugar de trabajo, nuevas relaciones entre los hombres y los sistemas de producción y en nuevos requerimientos de destrezas y habilidades y traen la obsolescencia de organizaciones y sistemas de producción".

Con la metodología propuesta se resolvería el problema usual de "transferencia de tecnología", pues el sector productivo aguarda las realizaciones, concreción de los objetivos establecidos en el proceso de planificación.

Ese problema aparece cuando se estimula la investigación aplicada y *luego* se sale a buscar al usuario del bien obtenido (producto, proceso o servicio).

Relacionado con lo hasta aquí tratado, es interesante transcribir algunas observaciones fundamentales formuladas en el XVII Coloquio de IDEA "La Argentina productiva", de 1981. Allí se afirmaba que "El marco de referencia que ofrece el país condiciona las decisiones empresarias" y se solicitaba "el establecimiento y mantenimiento de reglas de juego que eliminen la incertidumbre" requiriendo medidas para "Alentar la instalación de industrias de avanzada y con gran dinamismo en la conquista y retención de mercados", "citándose entre tales industrias a la electrónica, la informática, las telecomunicaciones, la petroquímica, etc.". Aquí corresponde destacar que quedan por determinar las actividades a realizar en cada una de esas áreas.

Se hizo hincapié en el "especial margen que ofrecen las ventajas comparativas dentro de la ALADI, la cual presenta posibilidades de excepción *no siempre captadas* (énfasis del autor) por nuestros sectores productivos".

Se convino que "... el tema de las ventajas comparativas era de tal amplitud e importancia para el análisis de la futura evolución económica del país... que en sí mismas deberían ser objeto específico de análisis...".

Este tipo de inquietudes y posibilidades tendrían amplia y natural cabida en la forma de planificación propuesta.

Esquemas similares de acción para lograr una planificación integral en el área de ciencia y tecnología se aplican en países de completamente diferentes orígenes y posibilidades: Japón y Noruega.

De Japón nada es necesario agregar a lo

conocido. De Noruega puede decirse que pese a tener aproximadamente 3.900.000 habitantes y que sólo del orden del 3% de su tierra es cultivable, ostenta uno de los niveles de vida más altos del mundo.

Estados Unidos, pese al tremendo potencial de su sistema científico-tecnológico, tiene programas específicos de aplicación a sus necesidades nacionales, como el RANN (Research Applied to National Needs) de la National Science Foundation.

Canadá ha estructurado un fuerte sostén a la industria a través del National Research Council, que entre otros programas tiene el IRAP: Industrial Research Assistance Program, PILP: Program for Industry/Laboratory Projects, para facilitar transferencias de laboratorio a industrias, TIS: Technical Information Service y mantiene las National Facilities, para uso compartido por las industrias.

Finalmente, y sin entrar en el análisis de las posibilidades específicas de la Argentina, ya que este trabajo precisamente propone una metodología especial para discernirlas, resulta sin embargo oportuno destacar con un ejemplo de qué modo pueden ir cambiando las estructuras productivas de los países industriales, abriendo oportunidades a otras naciones, antes menos evidentes: Japón, a través de su legendario MITI (Ministry of International Trade and Industry) y de su "Comisión de Planificación Económica" (Economic Planning Commission) ha entrado en lo que se ha dado en llamar su tercer ciclo de inversión. El gobierno promueve nuevas actividades, como se dijo antes, a través de la financiación de las tareas de investigación y desarrollo, y ha decidido un progresivo recorte de las industrias de energía y materiales intensivas. Precisamente dos áreas donde Argentina se puede suponer está naturalmente dotada.

El aseguramiento de calidad (QA) está tomando una posición preferencial en las firmas japonesas, que reconocen plenamente la creciente importancia competitiva que ello conlleva.

Argentina y su industria tienen ya una clara conciencia de la importancia del QA, traído a foco por la actividad nuclear, y ello puede ser una base positiva para lograr industrias competitivas internacionalmente.

Por lo demás, puede esperarse que ningún país vaya a abarcar todo el espectro productivo, ya que el espectacular avance tecnológico actual permite fundadamente suponer que quedarán muchos claros que pueden ser hábilmente cubiertos, mediante posibles aplicaciones derivadas de innovaciones presentes o futuras, en conjunción con aquellas ventajas comparativas antes mencionadas.

La propuesta contenida en este trabajo afecta al mediano y largo plazo. En el corto plazo la realidad industrial actual y la solución de sus acuciantes problemas establecen la necesidad de una estrategia en paralelo.

Dado que los argentinos no estamos acostumbrados a actuar en conjunto en una forma profundamente organizada, y vista la intensa actividad coordinada que para seguir la propuesta debería instrumentarse, no faltarán escepticos que piensen que el procedimiento es demasiado arduo. A ellos les recordaría el viejo proverbio que dice:

"Para recorrer un camino de mil millas, se comienza con el primer paso"

y para quienes, descreídos, les parezca que la misión es imposible, les recordaría que Lord Kelvin dijo:

"Volar en avión es imposible".

SERVICIO I.A. 145

BENZOATO DE SODIO
(uso alimentario)

PROPIONATO DE CALCIO
(uso alimentario)

ACIDO BENZOICO



**BRAVE
ENERGIA S.A.**

Arroyo 847 - piso 3º (1007) CAPITAL FEDERAL
Tel. 22-6236/7079/7150/8745
Venta directa de Fábrica

SERVICIO I.A. 146