

# INGENIERIA QUIMICA

Organo al servicio de la Escuela de Ingeniería  
Química de la Universidad de Antioquia.

Dirección:  
J. Aycardo Orozco R.

Subdirección:  
Alberto Bernal R.

Gerencia y  
Administración:  
Gustavo Aguirre M.

Apartado Nal. N° 2036  
Teléfono 177-10

---

AÑO III      Medellín, Marzo de 1950      — VOLUMEN 3 —      NUMERO 1

---

Tarifa postal reducida. — Licencia N° 1718 del Ministerio de Correos y Telégrafos  
Impreso en la Editorial Bedout — Medellín

---

La Dirección no asume responsabilidad por los conceptos emitidos por sus colaboradores.

---

## NOTAS EDITORIALES

Para atender compromisos que le crearon su nueva condición de profesional de la Ingeniería Química, el Sr. Ingeniero A. Velásquez Arana, tuvo necesidad de ausentarse de esta ciudad viéndose así precisado a abandonar la Dirección de la Revista que, con esfuerzos dignos de toda loa, sostuvo durante dos años. Esta y no otra es la razón para que aparezcan nuestros nombres en la dirección de los destinos de esta publicación que pretende perpetuarse en la defensa de los intereses de nuestra Escuela y para bien de la Ingeniería Química, profesión ésta que si puede considerarse joven en la ciencia colombiana, reviste una importancia tal para el desarrollo armónico de nuestra economía que sería necio pretender siquiera discutir sus méritos.

Al asumir nosotros la Dirección de esta Revista creemos que nos asista razón para asegurar que ella entra en una nueva etapa de su vida, puesto que ya deja de ser el órgano de un centro estudiantil para convertirse en el de nuestra Escuela, constituyéndose así en la tribuna desde la cual podrá propenderse por el adelanto de esta institución que ya tiene perfiles definidos en el amplio panorama educacional del País. Desde aquí serán tratados con la seriedad y circunspección debidas todos aquellos tópicos que se relacionen con nuestro avance industrial, nuestro adelanto científico y las consideraciones que nos merecen todos aquellos que laboren por el aprovechamiento de nuestros inmensos recursos.

Será, además, para nosotros sumamente grato contar con un mayor apoyo de nuestra próspera industria a la cual nos permitimos anunciarle que nos anima el más decidido deseo de prestarle una eficiente colaboración y luchar porque sus problemas vayan siendo circunscritos a los más estrechos límites donde, seguramente, se hallarán más fácilmente sus resoluciones. No cejaremos en procurar que este órgano publicitario se mantenga ceñido a los más exigentes dictados de la pulcritud y que su carácter informativo no se haga eminentemente abstracto y científico, sino que tenga el sello de uno de consulta al alcance de todos aquellos que, no poseyendo un buen acervo de principios académicos, necesiten allegar conocimientos para aplicarlos a sus propias necesidades. Quizás no sea inoperante advertir que todo aquello que no merezca nuestro más acendrado interés será dejado a un lado como ajeno a nuestro derrotero de trabajo.

# Aspectos de la Teoría Especial de la Relatividad

Las modernas teorías sobre la Física y con ella sobre la estructura del Universo, estuvieron durante largos años fuera del alcance del "hombre de la calle", quien continuó informando su pensamiento con las ideas clásicas de un mundo infinito y de un espacio, un tiempo y una masa absolutos; pero ya bien avanzado el Siglo veinte, cuando la rapidez en la difusión de los conocimientos científicos es una característica esencial de nuestros tiempos, ha sido imposible permanecer al margen de los hechos que han llegado a producir un cambio fundamental en la civilización, hasta el extremo de alcanzar la humanidad un estado del cual se seguirá, o una nueva era en la cultura o la aniquilación total de ella y de la raza humana; así se desprende de las comunicaciones de los científicos sobre el empleo de las infernales armas atómicas modernas. Entre las teorías que forman el arsenal científico de nuestra época, es posiblemente la llamada Relatividad la que ha tenido mayor influencia en la construcción de las nuevas físicas, llegando inclusive a exigir una revisión del pensamiento humano sobre los conceptos de lo infinito y lo absoluto. En este trabajo, trataremos en forma breve y desde luego incompleta, algunos de los aspectos más interesantes de la teoría de la Relatividad aplicada al movimiento en línea recta.

La Relatividad es esencialmente una teoría realista como doctrina fundamentada en hechos físicos, pero su exposición por Albert Einstein y sus seguidores, ha sido hecha en el más abstracto de los lenguajes matemáticos para hacer de ella una fuente de consecuencias exactas; muchos conceptos relativistas existen solo en ecuaciones complicadas y son "intraducibles" al idioma hablado. Podemos decir que la historia de la relatividad, arranca del experimento clásico de Michelson y Morley, quienes trataron de medir el movimiento absoluto de la tierra, considerando como cuerpo de referencia al "éter"

que se suponía inmóvil y llenando todo el Universo; supusieron estos investigadores que como la luz es un movimiento de onda a través del éter, su velocidad debería ser acelerada cuando la tierra se mueve hacia la fuente de luz y retardada en el caso contrario; a pesar de la sensibilidad de sus instrumentos de medida, fue imposible detectar alguna variación en la velocidad de la luz, y se presentó el absurdo (teniendo como ciertas las leyes de la física clásica) de que al sumar a la velocidad de la luz otra velocidad cualquiera, se obtenía como resultado, de nuevo la velocidad de la luz; con este experimento y otros que se hicieron para complementarlo, se puso de presente la imposibilidad de medir el movimiento absoluto, y se dejó sin base de sustentación uno de los principios fundamentales de la física clásica, la existencia del éter; las razones que adujeron para explicar los contrasentidos resultantes, no hicieron más que ensombrecer la situación.

En esta época, apareció Albert Einstein en el escenario de la ciencia, escogiendo un camino completamente nuevo para la solución del problema: en lugar de amoldar los desconcertantes hechos a las teorías existentes, así fuera como excepciones, expuso una teoría nueva que incluyera esos hechos. El fundamento de su teoría fue el resultado de Michelson y Morley que de una manera concluyente demostraba una constancia absoluta en la velocidad de la luz y éste fue el primer postulado de Einstein: La velocidad de la luz en cualquier sistema de referencia, es independiente del movimiento de la fuente luminosa. Dicho de otra manera, todas las velocidades en el universo son fracciones de la velocidad de la luz y la suma de esas fracciones tiene como límite máximo la unidad. La idea anterior es fundamental en el desarrollo de la ciencia moderna, a pesar de la dificultad de que la imaginación se adhiera a algo que es casi un absurdo; ahí está la genialidad de Eins-

tein: edificar el mayor de los edificios científicos sobre algo en apariencia inaceptable y ficticio. Hasta Einstein se había considerado el Universo como infinito y por consiguiente en él era posible una velocidad infinita; la restricción de las velocidades potenciales en el mundo a la de la luz como máximo, "fué la primera limitación" del infinito hecha en la historia.

Después del experimento de Michelson y Morley, fue evidente la imposibilidad de medir un movimiento absoluto; siendo relativo el movimiento, deben serlo también el tiempo, la masa y el espacio, unidos íntimamente a él: por consiguiente estas entidades físicas son "relativas" y varían con el movimiento del observador de los fenómenos: he aquí por qué, la teoría se llama Relatividad. Teniendo presente el postulado de la constancia de la velocidad de la luz, veamos cómo varían con el movimiento las entidades fundamentales masa, tiempo y espacio (longitud, por tratarse del movimiento rectilíneo).

**MASA.**—Al aumentar la velocidad de un cuerpo, su masa se va haciendo cada vez mayor, hasta que al llegar el cuerpo a la velocidad de la luz, su masa se hace infinita; este hecho es lógico: al aplicar una fuerza a un cuerpo de masa constante, éste es acelerado y teóricamente sería posible que de actuar la fuerza durante un tiempo suficientemente largo, su velocidad llegaría a superar a la luz, lo que es imposible aceptando el postulado relativista; la única manera de impedir que la velocidad del cuerpo sobrepase a la de la luz, es haciendo su masa infinita a esta velocidad, pues entonces la inercia del cuerpo en esta condición es infinita, y ninguna fuerza aplicada sobre él tiene acción para variar su velocidad. Este aumento de masa es apreciable solo para un observador situado fuera del cuerpo en movimiento, es decir, cuando entre el cuerpo y el observador haya un movimiento relativo. Una teoría sin comprobación científica no tiene valor alguno, pero su comprobación con hechos verificables y reproducibles determina su veracidad: El aumento de la masa con el crecimiento de la velocidad ha sido cuantitativamente comprobado al estudiar las partículas desprendidas del átomo del radio a enormes velocidades, las cuales han sido pesadas al vuelo, observando su trayectoria en un campo electromagnético.

**TIEMPO.**—El tiempo se dilata al aumentar el movimiento de un cuerpo y al llegar a la velocidad de la luz deja de correr, siempre para el observador situado en otro cuerpo de refe-

rencia; esto es una consecuencia del aumento en la masa, pues al aumentar ésta, aumentarán también las masas de los péndulos de los relojes y a mayor masa, más lento es su movimiento; por lo tanto el tiempo medido por estos relojes, transcurre más lentamente (hay que abandonar el concepto absoluto del tiempo y pensar que éste viene a ser determinado por el movimiento de un reloj y que cada sistema en movimiento tiene un tiempo propio, diferente para cada sistema).

**LONGITUD.**—Las longitudes de los cuerpos en la misma dirección del movimiento decrecen con el aumento de velocidad y a la velocidad límite, un cuerpo no tendría longitud, es decir, para el observador situado fuera de él, parecería como un área perpendicular a la dirección del movimiento. Respecto a la variación de las tres entidades fundamentales hay que anotar dos puntos de gran importancia: El primero, de naturaleza "práctica", consiste en que las variaciones no son apreciables sino a grandes velocidades cercanas a la de la luz; por ejemplo: para que un kilogramo se convierta en el doble, es necesaria una velocidad de 259.000 kilómetros por segundo (!). El segundo punto, es el fundamento mismo de la teoría de la Relatividad: es necesario estar fuera del cuerpo en movimiento para poder apreciar algún cambio en él; tiene que estar moviéndose el cuerpo con relación al observador. Todos los fenómenos anteriores pueden expresarse en forma teórica por el segundo postulado de la relatividad especial: las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas que posean un movimiento relativo uniforme y se aplican en forma distinta en el caso contrario.

Del aumento de la masa de los cuerpos con el crecimiento de la velocidad, puede deducirse uno de los principios que han transformado al Siglo veinte en la llamada Era Atómica y que puede considerarse como la aplicación práctica más descollante por lo menos de un punto de vista no científico, de una teoría tan abstracta. Al aplicar una cantidad de energía a un cuerpo para variar su movimiento desde el reposo, hasta una velocidad dada, hemos visto que su masa ha aumentado; fácil es visualizar que este aumento de masa puede atribuirse a la energía consumida en el cambio y efectivamente existe una relación cuantitativa entre la energía gastada y el aumento en la masa; es decir, la energía es teóricamente convertible en materia y el fenómeno inverso, la conversión de la materia en energía es asimismo posible. Mediante consideraciones teó-

ricas se calculó que la materia podría transformarse en energía siguiendo una relación sencilla: Energía es igual a masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz. Es decir, que un gramo de materia al ser transformado íntegramente en energía, produce una cantidad de ésta equivalente a la energía eléctrica que consume la ciudad de Nueva York en 40 horas. No otro principio físico fue el aplicado en la llamada Bomba Atómica, donde se demostró hasta la saciedad, la terrible energía liberable por aniquilación de la materia. Esta energía poderosa que el hombre ha aprendido a controlar, es la que conserva la luz y el calor en el sol y las estrellas y hace aparecer como enanos despreciables, a las fuentes de energía química conocidas, tales como la combustión del petróleo o las reacciones que se llevan a efecto en la explosión de la dinamita.

Vemos hasta aquí algunos de los principios y consecuencias notables de la teoría especial de la relatividad, es decir, de las ideas Einsteinianas aplicadas al movimiento en línea recta; sin embargo, el movimiento en línea recta es más bien la excepción en el Universo físico y por esta razón fue necesario para explicar la estructura del mundo y algunos fenómenos astronómicos considerados en un principio como "resquebrajaduras de la máquina del Universo", que se revisaran las geniales teorías gravitacionales de Newton que durante cerca de cuatrocientos años fueron la última palabra científica. De esa revisión, siguiendo caminos completamente nuevos, dedujo Einstein su teoría general de la Relatividad cuyas ideas fundamentales son más abstractas que la teoría especial, y que exigió la creación de una nueva Geometría, para describir el Universo postulado en la teoría.

A. Bernal R.

♦ ♦ ♦

## Monografía Industrial

TECNICA DEL CROMADO

### INDUSTRIAS METALICAS DE PALMIRA, S. A.

Ultimamente se está oyendo hablar mucho de Industrias Metálicas de Palmira S. A. como consecuencia de su sorprendente desarrollo reciente y porque sus productos han alcanzado ya una distribución nacional, con óptimos resultados por el perfecto acabado y la calidad de los mismos.

Por tal motivo han considerado los Directores de INGENIERIA QUIMICA que a sus lectores les interesará una mayor información sobre esta progresista empresa.

Industrias Metálicas de Palmira S. A., con un capital de dos millones de pesos, produce principalmente:

- Muebles cromados
- Muebles metálicos y de madera
- Camas Metálicas
- Ventanas y puertas de metal
- Clavos y puntillas
- Cercas y mallas de alambre
- Archivadores y Lockers metálicos.

En construcción: Fábrica de machetes.

La empresa tiene a su servicio doscientos cincuenta personas (250), con la circunstancia feliz de que muchos operarios trabajan allí desde

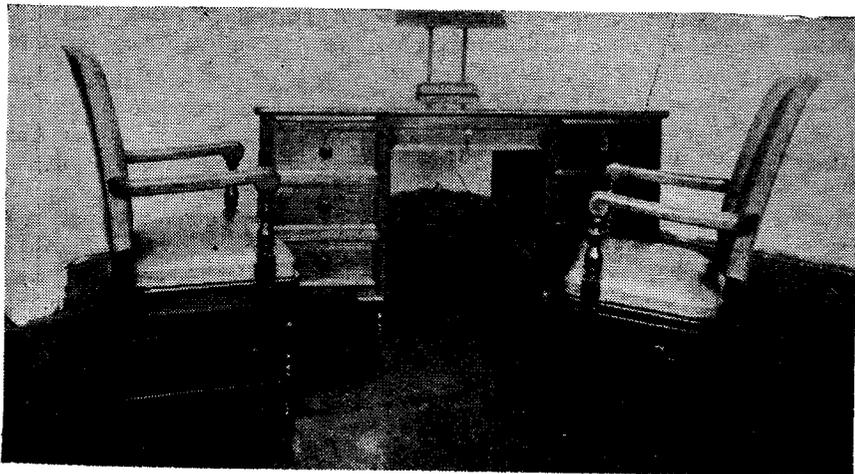
su fundación o sea desde hace más de veinte años.

Es gerente el Ingeniero Octavio Gaviria, y Jefe de Talleres el Ingeniero Norteamericano Richard Mozer.

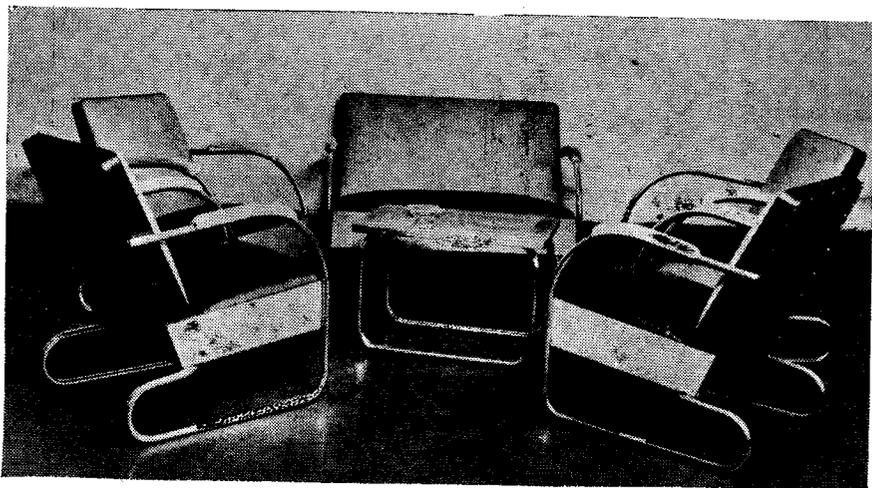
En una corta visita por las dependencias de esa interesante fábrica, el autor de esta monografía encontró los siguientes aspectos originales.

a) Sueldos y Jornales.—Todo el personal de obreros tiene salarios básicos tan razonables que la Empresa se enorgullece de no haber tenido nunca un problema social durante su existencia. En adición a esos salarios el personal recibe primas proporcionales a su rendimiento, lo cual es un estímulo excelente y equitativo, pues los obreros superan siempre las tareas fijadas para obtener mayor salario. Muchos logran duplicarlo, y así nadie quiere perder tiempo. De esa manera los obreros ganan más, se preocupan más por su Empresa y el costo unitario de producción disminuye por la mayor cantidad producida. Es el sistema moderno de producción en masa, de los "incentivos" o "Piece Work", que ojalá fuera copiado por otras Empresas.

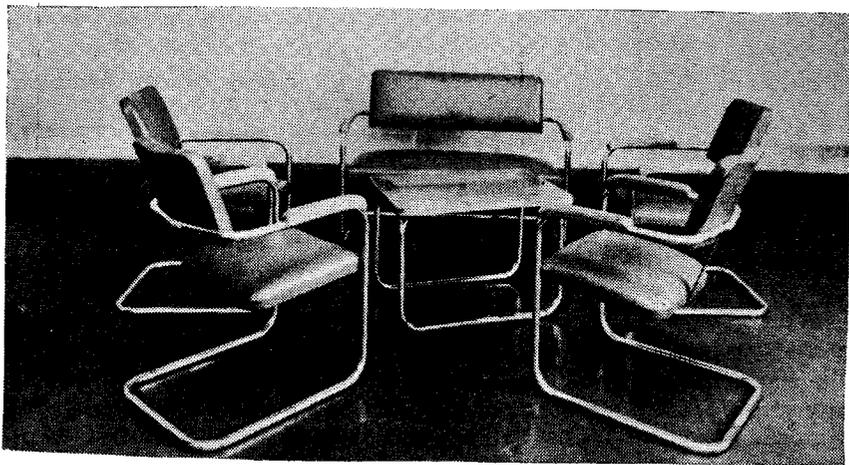
M  
U  
E  
B  
L  
E  
S  
  
C  
R  
O  
M  
A  
D  
O  
S



Escritorios Ministro — Todos en Cedro Negro



Juego "New Yorker"



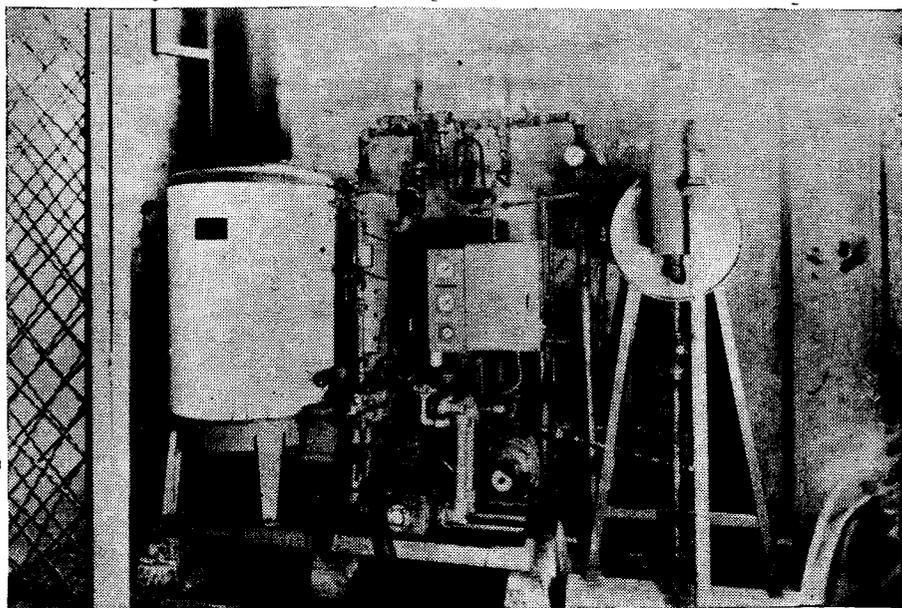
Juego "Club"

b) Cromado.—La sección más interesante de Industrias Metálicas de Palmira es su gran planta de Cromación. Es única en Colombia y de las mayores y más modernas de Sur América, con la circunstancia de que en vista de la acogida de los productos cromados, Metálicas está ya en proceso de duplicar la capacidad de esa planta.

Una vez pulidos los tubos en máquinas especiales, doblados y desengrasados totalmente, pasan al desengrase final por medio de vapores de tricloroetileno y luego a los varios tanques para Cobrización, luego Niquelación y por último, a la Cromación. Los tubos cromados quedan

tamentos de Pintura, al punto de que ninguno de los pintores (con pistola exclusivamente) tenga que usar máscara protectora.

e). Fábrica de Machetes.—Industrias Metálicas está ya construyendo la primera Fábrica de Machetes en Colombia y Sur América. Todas las maquinarias han sido compradas y buena parte de ellas están ya en Palmira. La inversión por edificios y equipo sobrepasa al medio millón de pesos, y es la intención de Metálicas iniciar producción dentro de seis meses, con una capacidad inicial de cuarenta mil machetes mensuales. La totalidad de las operaciones serán hechas en Palmira, utilizando obreros colombianos en-



Un rincón de la Planta Cromadora. — Controles a vapor

entonces con un precioso brillo inoxidable, listo para pasar a los procesos generales de fabricación de los muebles. Para la Planta Cromadora tienen calderas independientes lo mismo que planta generadora especial.

c). Hornos secadores de madera.—Para las maderas que usan tienen plantas secadoras, y no trabajan ni una sola pieza de madera que no haya sido tratada previamente.

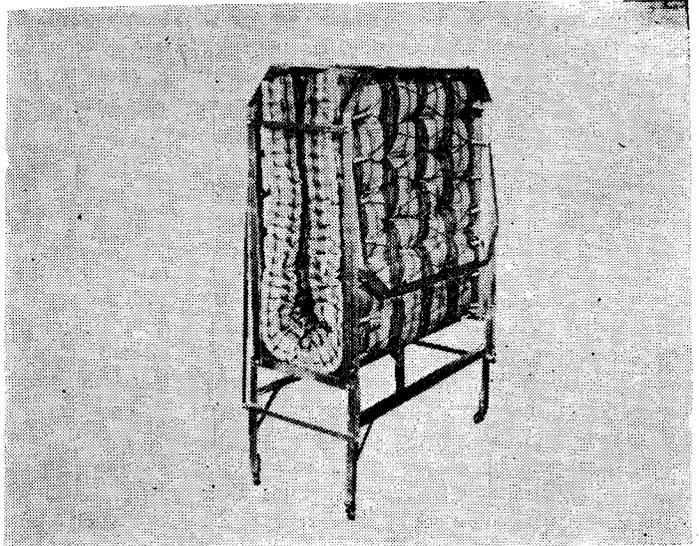
d). Todas las máquinas en el Departamento de Carpintería tienen grandes aspiradores de polvo y aserrín, para proteger la salud de los trabajadores. Lo mismo sucede en los Depar-

señados por técnicos norteamericanos y alemanes.

f). Muchos otros proyectos está contemplando actualmente Metálicas de Palmira, entre ellos la agrupación de todas sus fábricas en un gran lote de veinte fanegadas, con un costo de millón y medio de pesos. Metálicas de Palmira está orgullosa de su personal de trabajadores, de su capacidad y rendimiento y más que todo, de los deseos de todos de aprender y mejorar. Pronto se pondrá en práctica un "Suggestion system", con premios, para que los obreros puedan presentar permanentemente sus propias iniciativas

o sugerencias sobre procesos de trabajo, economías de materiales, de tiempo de operación y en fin, sobre los mil diversos aspectos de una industria tan variada y múltiple como INDUSTRIAS METALICAS DE PALMIRA S. A.

♦ ♦ ♦



Catre Plegable

## ENERGIA NUCLEAR

Juan M. Pardo, Químico.

(Continuación)

### PILA ATOMICA

Dejamos de considerar la bomba atómica, empleada en fines militares (9), para detenernos mas bien en la pila atómica como fuente de energía en un futuro no lejano.

En primer término se necesita una fuente de neutrones, suministrada por una cantidad regular de  $U^{235}$ , que esté por debajo de una cantidad crítica, pues al ser aprovechados todos los neutrones de la primera fisión, luego los otros de las sucesivas fisiones, la cantidad de energía liberada sería tan enorme y el transcurso del tiempo tan pequeño, que los efectos serían de carácter explosivo (bomba atómica). Estos neutrones van a obrar sobre el  $U^{238}$ , pero deben ir con baja velocidad porque ya vimos que neutrones rápidos no los captura el  $U^{238}$ . Hay necesidad de disminuir su velocidad mediante colisiones con núcleos que no los capturen hasta las velocidades llamadas térmicas (8). Grafito muy puro, purificado hasta un grado jamás alcanzado antes, se ha encontrado muy propio para este fin. Así una pila atómica se construyó en la Universidad de Columbia, New York, como principio de experimentación. La primera

pila atómica fue un cubo de grafito de 2.50m. de lado, que contenía 7 toneladas de óxido de uranio en la forma de terrones los cuales se fiaban distribuidos en todo el cubo a la manera de pasas en un bizcocho. Cuando se colocó una fuente de neutrones cerca al fondo de la pila, se vió que la fisión aparecía en los terrones de uranio porque aparecían una gran cantidad de neutrones como resultado de la fisión misma. Esta deducción se obtuvo de este primer diseño de pila debido a Fermi. Así los neutrones rápidos, escapados de un terrón de uranio, eran detenidos o aminorada su velocidad en el grafito antes de alcanzar otro terrón del mismo, de esta manera eran capaces de producir más fisiones. En este proceso solo el  $U^{235}$  es el que se rompe, y el uranio en terrones mencionado arriba, es una mezcla de los dos isótopos, el  $U^{238}$  no sufre fisión, captura el neutrón lento. Los neutrones derivados de la fisión producida en esta pila, no fueron suficientes para sostener el proceso una vez que la fuente primera de neutrones era removida. Por los datos indicados, se sugirió la prevención de escape de los neutro-

nes por las paredes de la pila, si no se escaparan estos neutrones el proceso se mantendría por sí solo. Si la pila fuera más grande, las pérdidas de neutrones sería proporcionalmente menor. De ahí que una reacción nuclear en cadena es posible si una pila es lo suficientemente grande.

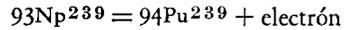
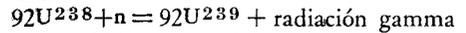
De estos datos fue posible calcular el tamaño crítico de una pila que sostuviera una reacción en cadena, y en Diciembre 2 de 1942, tal pila operó con éxito en la Universidad de Chicago. Comenzó a operar por sí misma cuando alcanzó el tamaño crítico. Esa fue la primera planta de energía atómica. Su producción fue controlada y regulada por medio de tiras de acrocadmio, el cual absorbe los neutrones muy fuertemente, introducidas dentro de agujeros que atraviesan la pila. La operación puede ser controlada o registrada introduciendo estas tiras dentro de la pila, o acelerada si se retiran. La potencia de esta primera pila fue limitada a unos pocos centenares de watts. Desde entonces se han construido bastantes pilas más poderosas como en la planta de Oak Ridge, cerca de Clinton, Tennessee y Harwell, Inglaterra, de 2000 kw; la de Hanford, Washington, más poderosa que las anteriores, más de 6.000 kw.

Es bastante extraño el que ninguna de estas pilas ha sido construida con el propósito de generar potencia. Son empleadas en la producción de sub-productos cuyo valor actual es mayor que el de la energía generada, ésta por ahora se está perdiendo. El propósito primario de la planta de Hanford es la producción de plutonio. La energía térmica desarrollada o liberada se disipa por el agua fluyente a través de las pilas (Río Columbia).

**PLUTONIO.** Es el elemento 94 de la tabla periódica. No se encuentra en la naturaleza (10), pero se produce del uranio  $^{238}$  por el proceso informado antes. Es el elemento transuránico más importante, porque análogo al uranio  $^{235}$ , su núcleo sufre fisión con la captura de neutrones lentos.

La historia del descubrimiento del plutonio es anterior a la de la fisión nuclear. Poco después del descubrimiento del neutrón, Fermi anotó el descubrimiento de elementos radioactivos de número atómico del 93 al 97, los cuales supuso fueran creados por la captura del neutrón en el núcleo de uranio. Se ha verificado la existencia de los elementos 93 y 94 (11), conocidos con el nombre de Neptunio (Np) y Plutonio (Pu), y el desarrollo de un método para la producción de plutonio en grande escala, constituyen una

de las realizaciones científicas prominentes del Proyecto Manhattan. Las reacciones nucleares que ocurren en el proceso de la producción de plutonio están representadas por las siguientes ecuaciones:



Esto significa primero, que el  $\text{U}^{238}$  captura un neutrón, siendo radiada la energía de ligadura como rayos gamma. Es esta la captura del neutrón sin fisión, el que ha sido discutido anteriormente, para lo cual hay una gran probabilidad cuando los neutrones tienen cierta velocidad intermedia (en las vecindades de 25 ev de energía). El núcleo de  $\text{U}^{239}$  que resulta es radioactivo, emite un electrón rayo beta y volviéndose un núcleo de Neptunio. El núcleo de  $\text{Np}^{239}$  a su turno emite un rayo beta electrón y se vuelve plutonio. Todos estos procesos radioactivos tienen muy cortos semiperíodos, de modo que el plutonio se produce con muy poca demora.

De las consideraciones teóricas se predijo, que el plutonio como el uranio 235, debe ser fisionable por neutrones de distintas velocidades, siendo más efectivas las lentas. Los experimentos verificaron esta predicción, los cuales colocan al plutonio en gran competencia con el uranio 235 como materia prima para bombas, con la condición de que este proceso pueda ser desarrollado para producirlo en suficiente cantidad. La principal ventaja sobre el uranio 235, es la de que puede ser separado del uranio 238 por medios químicos comparativamente fáciles, en vez de los procesos físicos muy difíciles necesarios para la separación del uranio 235. La otra ventaja es el rendimiento de la transformación de uranio 238, no fisionable, en plutonio, fisionable, lo cual descarga el porcentaje de consumo del uranio 235, y por tanto su costo.

**PRODUCCION DE PLUTONIO.** La pila atómica suministra un medio muy satisfactorio de producir plutonio en gran escala; algunos de los neutrones liberados por la fisión del uranio 235 son capturados por el núcleo del uranio 238, el cual entonces se convierte en plutonio por la secuencia de reacciones mostradas en (a). En una pila diseñada para la producción de plutonio el metal uranio es confeccionado en lingotes que se insertan dentro de agujeros a lo largo de la estructura de grafito. Estos lingotes están guardados en cajas de aluminio tubular. Periódicamente estos lingotes se retiran, el plutonio extraído químicamente, y los lingotes re-

emplazados. También se puede extraer los subproductos o isótopos de diversos elementos. Todas las operaciones, incluyendo el proceso químico, deben ser verificados a control remoto, para proteger a los operarios de las radiaciones intensas.

#### PLANTAS DE ENERGIA ATOMICA.—

Cuando se opera en las pilas atómicas para la producción de plutonio, la energía generada es un producto de deshecho, como se ha señalado anteriormente. Haciendo determinadas modificaciones en una pila atómica puede ser posible emplear esta energía para propósitos útiles. Sin embargo todavía el camino por recorrer es largo para llegar al concepto popular de la planta o central energética atómica. Desde que cantidades enormes de energía puedan derivarse de tan pequeñas cantidades de combustible nuclear, el público generalmente contempla la pequeñez del tamaño como una de las primeras ventajas de las plantas de potencia atómica. Por el contrario, las pilas atómicas deben ser de cierto tamaño crítico, si se quiere que operen, y el tamaño crítico para la materia prima o combustible atómico (uranio natural) es muy grande, requiere toneladas de uranio metálico como de grafito de la más alta calidad. Algo más, el funcionamiento de una pila genera bastante radiación activa, para las cuales voluminosas y pesadas corazas o blindaje son necesarias. La pila completa es mucho mayor por pequeña que sea que una estación o central de potencia cualquiera. Para tales propósitos debe ser de carácter práctico. Los ingenieros han computado los costos relativos del kilowatt-hora para un combustible y el de la planta mencionada. Por hoy, que los combustibles como carbón y aceite están en pleno desarrollo, la planta de potencia atómica es incapaz de competir económicamente con las viejas fuentes de energía.

El tamaño crítico de la pila puede ser reducido al aumentar la proporción de uranio 235 o de plutonio en el metal; tales pilas se llaman pilas enriquecidas. Pero este proceso que aumenta la eficiencia, aumenta también el costo. Es necesario también reducir el tamaño general de la pila. También puede haber la posibilidad de reacciones nucleares de condiciones más favorables que sirvan como fuente de energía.

Pero la dificultad principal reside en la naturaleza misma de la fuente energética, es decir, la radioactividad. La energía se libera en su mayor parte en forma de calor; la otra parte está representada por las diferentes radiaciones. Sobre el aprovechamiento de esta última parte, se está a una distancia considerable. Nos queda la forma térmica, y como tal se ha avocado el problema por el aspecto de las máquinas térmicas o los dispositivos térmicos. No habría inconveniente en hacer circular el fluido empleado a través de la pila; o en recurrir a dos fluidos con intercambiador de calor, pero estos fluidos se vuelven radioactivos, junto con los materiales empleados para su circulación, constituyendo esto un grave peligro para la seguridad y conservación de los mismos equipos y personal operario. El peligro de contaminación es por hoy la más grave dificultad en el aprovechamiento de esta energía.

Una serie de consideraciones, se halla expuesta en la revista "Nucleonics" de Noviembre, 1949 acerca de las posibilidades actuales de la energía nuclear. Es necesario, el adelanto conjunto de otras ramas de la Ciencia para que ayude a resolver problemas tales como materiales antirradioactivos; fluidos y substancias también antirradioactivas; abaratamiento de la materia prima en sus procesos metalúrgicos; amino fuentes de metales radioactivos, etc. etc. provechamiento del torio y del protoactinio co-

(1) La unidad de masa es igual a  $1.66 \times 10^{-24}$  gramos, o la masa real de un átomo de hidrógeno tomado como unidad. Las unidades de masa anteriores provienen de fijar convencionalmente la masa del átomo de oxígeno en 16.000 y emplearlo como base o patrón de relación para los demás elementos.

De acuerdo con la ley de la equivalencia de masa-energía, esta masa equivale a  $1.66 \times 10^{-24}$  c<sup>2</sup> ergs, o  $1.49 \times 10^{-3}$  ergs.

(2) Mev (mega electrón-voltio) ó  $10^6$  electrón-voltio. Desde que 1 Mev es igual a  $1.60 \times 10^{-6}$  ergs, la energía equivalente a una unidad de masa es 935 Mev, o 1 Mev es igual a 0.00107 de unidad de masa. Por lo tanto los 17 Mev de energía perdida en esta reacción nuclear equivalen a 0,0183 de unidades de masa.

(3) Al multiplicar esta cantidad por N (número de Avogadro),  $6.03 \times 10^{23}$  nos da  $27 \times 10^{18}$  ergs.

(4) La balanza puede precisar hasta el quinto lugar decimal y el espectrógrafo de masa hasta el sexto, pero se trata de que el último es el apropiado para estas determinaciones.

(5) Recientemente Lawrence ha demostrado que los núcleos de talio, plomo y bismuto también sufren fisión cuando se bombardean con neutrones del ciclotrón de 184 pulgadas.

(6) Denominase nucleón tanto al protón como al neutrón, constituyentes esenciales y de la mayor importancia en el núcleo. La suma de ambos da un número entero que se llama número de masa, o sea el número entero más próximo a su masa nuclear o peso atómico. Ejemplo: el nitrógeno tiene de masa nuclear o peso atómico 14.008, su número de masa es 14, y el número de protones y neutrones es también 14, tiene por tanto 14 nucleones.

(8) Los neutrones que no han sido capturados al principio, van perdiendo velocidad hasta alcanzar aquella correspondiente de las moléculas de los gases a esa misma temperatura. Su energía cinética es igual al valor medio de  $3/2kT$ . Estos neutrones lentos se denominan neutrones térmicos.

(9) Smyth Report o Atomic Energy for Military Purposes, de H. Dew. Smyth, relato semipopular y oficial del Proyecto Manhattan.

(10) Se sugirió por la reacción (a) de los párrafos siguientes, podría existir plutonio en cantidades infinitamente pequeñas o trazas. Se ha comprobado de que sí existe en la naturaleza aproximadamente en la proporción de 1 a  $10^{-14}$  relativa con el uranio 238.

(11) Aunque Fermi anotó hasta el elemento 97, se ha verificado la existencia de los elementos 95 y 96, Américio (Am) y Curio (Cm) respectivamente. Sobre estos elementos ya se ha estudiado bastante.

\*\*\*

## Sobre el Problema del PETROLEO

Por A. Velásquez Arana

Ingeniero Químico

En mi último comentario sobre estos temas, expuse algunos puntos relacionados con la formación de la Industria Nacional del Petróleo, los cuales vinieron luego a ser confirmados tanto, por declaraciones del señor Gerente de la Tropical y después por los industriales antioqueños, que fijaron los puntos básicos para poder participar en la citada industria y entre los cuales jugaba capital importancia el que hacía relación con el dominio administrativo por parte de los particulares.

En esta oportunidad, quiero dejar expuestos otros puntos, que por el carácter de ellos y en base a la constitución de la nueva empresa petrolera, constituyen una importancia suma.

Para darme cuenta más detallada sobre los problemas de orden técnico y laboral, me fue dado visitar por ocho días los terrenos de la Concesión de Mares. De tal manera, que no obstante ello, puede que en el presente comentario no alcance a presentar en todo su valor real, todas las cuestiones, muy especialmente en lo atañedor a la parte técnica, por cuanto a mi manera de ver, demandaría por lo menos de uno a dos meses para estudiar con un sano espíritu crítico, todos y cada uno de los proble-

mas que fueran menester. En todo caso, quiero presentar a la consideración pública, rasgos generales de lo por mí observado.

Como una primera puntualización, he de llamar la atención a los inversionistas particulares, para que comprendan de una vez por todas, que no es con el aporte de unos pocos millones de pesos como se podría hacer frente, en forma exitosa, a la nueva empresa. Lo anterior se desprende muy lógicamente de un estudio general de los problemas en el campo de las operaciones. El capital privado debe ser amplio en sus aportes, si no quiere correr serios tropiezos. Pues como primera medida, tenemos el factor tiempo. A nadie se le escapa, que a estas horas, la nueva empresa de petróleos ya debiera estar en plena marcha. Para mí, tengo, que por lo menos, se llevará un año en la instalación de la nueva empresa; esto, sin contar con la adaptación del nuevo personal a las modalidades del trabajo que tiene que ejecutar. La adaptación de un personal, no se consigue en seis meses. Entiéndase que al hablar de adaptación, quiero significar la plena responsabilidad del operario para ejecutar con entera certeza, el trabajo que tiene entre manos. Que al solucionar un proble-

ma, sea su solución la más adecuada y por lo tanto la de más sentido técnico.

Se hace necesario que dispongamos de una visión realista al hablar del petróleo. No es posible que lo tengamos como un magnífico dorado o como una gallina con huevos de oro. No podemos mistificar el problema con un sentimiento meramente nacionalista. Los problemas económico-industriales deben tener el énfasis de la claridad, para poder buscar la más adecuada solución.

De lo que sigue, la opinión pública dirá si tengo razón para expresar la necesidad que hay para que la nueva empresa de petróleos esté en plena operación y que el capital privado se halle firmemente resuelto a hacer una inversión cuantiosa, si quiere salir airoso en la lucha de sus propios intereses.

**PROBLEMAS DE ORDEN TECNICO.**—Si entramos a estudiar paso por paso todos los recursos con que contaríamos desde el momento en que empezara a surtir efecto la reversión, en base a los implementos de operación actualmente disponibles, tendríamos que registrar un balance poco satisfactorio. Prácticamente, casi todo el equipo actualmente en operación, requiere un completo reacondicionamiento para poder entrar a contabilizar un mayor coeficiente de rendimiento.

Tendríamos por ejemplo, la cuestión relativa al equipo de perforación. De éste casi sería mejor no hablar. Es indispensable un total reintegro de todas sus unidades. Las actualmente disponibles tendrían su más excelente desempeño como chatarra para la siderúrgica. Esto en cuanto a equipó, pero si consideramos los estudios de exploración que hay que reiniciar cuanto antes, determinaremos mejor la magnitud del problema. Debemos tener presente, que la Tropical canceló todas sus actividades de exploración desde 1947. En este aspecto de la industria, no podemos perder de vista los grandes riesgos del capital, pues fácilmente se pierden millones sin resultado positivo alguno. Este es un punto neurálgico para la industria del petróleo en planeamiento de mejor futuro. Por tal motivo, los señores inversionistas en un propósito de firme organización, no pueden presentarse inferiores a las circunstancias que demandan sus aportes. El capital colombiano quiere ser petrolero. Pues adelante con sus inversiones.

La Tropical como está en proceso de entrega, ha venido, poco a poco, despidiendo alto personal técnico, especialmente en el campo de las exploraciones y en el departamento de Ingeniería

de Petróleos. Debemos por tal motivo, reincorporar esa misma clase de personal, en el propósito de buscar mayores rendimientos. Por cuenta de la nueva compañía, ya debiera de estarse entrando en conversaciones con el mejor personal saliente, al mismo tiempo que iniciando los trabajos relacionados con las exploraciones.

En un propósito firme de utilizar todos los recursos que nos ofrece el petróleo, se hace necesario el montaje de una planta para cracking. Estimo, que por las características que debe llenar una planta de tal naturaleza, su importe no ha de ser una suma despreciable.

De lo anteriormente expresado, queda comprendido, que estas son las horas en que nuevos repuestos y equipos estuvieran en nuestros puertos o por lo menos en proceso de llegada.

**PROBLEMAS SOCIALES.**—Si en el campo técnico tenemos cuestiones de alta monta que considerar, no menor magnitud tendríamos en las consideraciones de orden social. Por el carácter que estas revisten, una comisión de la nueva empresa —supuesta ya formada— y en gracia al ofrecimiento dado por la Tropical, debiera estar estudiando detenidamente estas cuestiones, de por sí tan espinosas, a fin de tener una adecuada solución en el debido tiempo. No es entrando a resolver a última hora estos problemas como se daría con resultados satisfactorios. No; los señores industriales lo saben muy bien, que es dando pasos poco a poco y con el sentido más sensato a fin de establecer un equilibrio firme entre patronos y obreros, sin perjudicar mutuos intereses, como se llegará a mejores soluciones.

El estado de fluctuación en que ha venido operando el problema de la reversión, sin haberse establecido la organización definitiva de la empresa, ha contribuído para que el operario colombiano eficiente, ante la posibilidad de un manejo oficial de la Concesión, haya ido emigrando hacia otras empresas, lo que representa de por sí, pérdidas significativas para mayores eficiencia en los trabajos.

Una situación bastante complicada, es la de los colonos. Varios miles pueblan los terrenos de la Concesión. Su solución? No es de poco tiempo. El Gobierno ha empezado a laborar sobre la materia. Pero cuestiones de esta envergadura, requieren prudencia, pero mucha prudencia, para su adecuada solución. El problema de por sí, es bravo, pero es indispensable su solución.

Como se puede apreciar, los problemas por su mero enunciado, son, cual más, cual menos,

espinosos. Por tal motivo, en el propósito de estimular muy de veras al capital privado, para que entre positivamente en la nueva empresa, se hace necesario rodearlo de las mayores prerrogativas. A no dudarlo, una de ellas será, la independencia para obrar, mediante una ingeniería superior para administrar.

Con la presentación de los anteriores puntos, no he querido estimular un fracaso. No he deseado desanimar a nadie. Busco tan sólo un justo inteligenciamiento para hacerle frente con alto espíritu dinámico a la nueva empresa, si no queremos vernos envueltos en significativos fracasos.

Quiero, para terminar este comentario, anotar una cuestión más, la cual no puede desestimarse en el juego tenso de los negocios. Como queda expresado, hay ciertos factores que pueden llevarnos a un colapso. En el caso de suceder éste, que es mi mayor interés que no lo tengamos, es fácil observar la posible política económica de la Tropical. Porque hemos de convencernos, que en cuestiones económicas, nadie espera ver a la competencia por los caminos de la prosperidad.

Pueden contemplarse dos puntos para posible fracaso: 1º) La falta de previsión por no haberse organizado ya la nueva empresa y 2º) Si la Standard Oil, a la cual pertenecen las acciones

de la Tropical, dentro de las posibilidades de una actividad comercial, quiere estimular el fracaso de nuestra empresa, valiéndose del poderoso trust que constituye en los Estados Unidos, lo puede hacer, entorpeciendo la adquisición del material indispensable para nuestra industria petrolera.

Dentro de las dos posibilidades arriba anotadas, tendríamos que nuestros mercados consumidores, se verían precisados a comprar la gasolina Esso, como único recurso para salvar el impase y muy probable que a los precios que las circunstancias aconsejaran.

Estimo que con la presentación de este comentario, he procurado servir los mejores intereses del país, en busca de la más pronta solución de este impase industrial que nos está devorando. Que el capital privado, comprenda que para entrar a hacer exigencias, debe apreciar que su aporte debe ser muy alto. No debe contentarse con unos diez o quince millones. Ese no es suficiente dinero para emprender en forma eficaz, una empresa como la que tenemos entre manos. Al mismo tiempo, el Gobierno debe sentirse grande para poder solucionar, dentro de un campo de realidades actuales, esta cuestión que atañe al propio porvenir de la Patria.

Bogotá, febrero de 1950.

•••

## Qué se desarrolla primero:

### EL PRODUCTO, O EL MERCADO

Por Harry B. McClure y Robert L. Bateman

*Por cortesía de Carbide And Carbon Chemical Corp New York, N. Y. y con el permiso de la Asociación Americana de Químicos, presentamos a nuestros lectores el presente artículo.*

He aquí el relato del desarrollo comercial de cuatro compuestos químicos prácticamente desconocidos en los círculos comerciales de hace 16 años. Glioxal, etilendiamina, etilexanediol, y un tipo de poliéter, lubricante y fluido que tiene amplia aplicación actualmente.

El desarrollo comercial de un compuesto químico generalmente procede de una de estas dos

situaciones: el descubrimiento de un nuevo compuesto químico y un buen proceso para hacerlo, pero sin ningún mercado aún a la vista; o a la apreciación de la necesidad de un compuesto para llenar una función definida, pero sin tener determinada su estructura apropiada.

Más de 500,000 productos orgánicos se han descrito en la literatura; de los cuales sólo 5.000 o sea el uno por ciento se han podido hacer comerciables. Obviamente, hay en esto una gran oportunidad para los que se interesan en vender un producto para un uso aparente aunque no seguro. Es por esto que muchos de esos productos no llegan nunca a gozar de la complacencia del público. Frecuentemente sin embargo

la síntesis comercial de una molécula especialmente interesante puede mover la imaginación de un químico industrial y dar como resultado la aparición de un producto que gane rápidamente el mercado.

## DESARROLLO DEL GLIOXAL - 1856-1948

He aquí un producto conocido desde hace 92 años. El glioxal, un dialdehído, fue originalmente sintetizado por H. Debus en 1856, pero durante 80 años no pasó de ser una curiosidad de laboratorio. En 1936 mirando hacia una época en que pudiera haber exceso de etilen-glicol, varios de nuestros químicos fueron señalando los usos de éste y sus derivados. Dos de ellos R. W. Mc Nammer y J. T. Dunn decidieron intentar la deshidrogenación del glicol a glioxal. Este fué un paso lógico ya que la deshidrogenación de alcoholes había sido algunos años parte de nuestras operaciones. Esta vez, sin embargo, el procedimiento de deshidrogenación falló en dar el producto deseado, dando en su lugar un gran rendimiento de hidroximetildiozalanó. Se intentaron procesos de oxidación, un antiguo método de obtener aldehídos de los alcoholes, y se obtuvieron pequeños rendimientos de glioxal. Después de una conveniente investigación de variables tales como temperatura, presión, catalizador y material estructural para tubos convertidores, se desarrolló un proceso que pareció ser factible comercialmente. Al mismo tiempo fué suministrado a una casa fotográfica en estado casi puro a un precio de U. S. \$ 30 la libra. Esto fué en 1937 y un año más tarde el trabajo fue emprendido. También el glioxal ha sido investigado como un agente reductor en los espejos plateados en el proceso de esparcimiento de la plata sobre superficies plásticas y de vidrio. Se mostró prometedor y una aplicación manifiesta fué dada casi inmediatamente por Peacock Laboratories para cubrir este uso. Una pequeña planta piloto para glioxal fué construída en South Charleston. Va con capacidad de tres barriles por mes.

Durante años esta compañía utilizó el producto de adición del bisulfato de sodio del glioxal para usarlo como intermedio en la síntesis de ácidos parafín-carboxílicos en la preparación de un tipo de vitamina para el tratamiento y preparación de la pelagra.

La acción del glioxal sobre las proteínas y materias polihidroxílicas, tales como la celulosa y fécula dio su más valiosa ayuda. El glioxal hace estos materiales mucho más estables y resistentes a la acción del agua por unión de los gru-

pos hidroxil o amino e imino. Fue el uso de este tipo de reacción lo que hizo que se incrementara grandemente las ventas del glioxal.

La habilidad del glioxal para formar polímeros cruzados con materiales polihidroxílicos tales como la celulosa o el polivinil alcohol condujo a un proceso patentado para producir telas retorcidas de rayón a prueba de encogimiento. Este proceso se desarrolló en los laboratorios de Cluett, Peabody & Co. Inc. Se usa ahora ampliamente en la producción de tejidos de rayón para concordar con el sanforizado standard, en el cual no hay un cambio mayor del dos por ciento en las dimensiones de la tela después de repetidas lavadas.

Para satisfacer esta necesidad específica se incrementó la producción de glioxal y rebajó a \$ 0.18 la libra. Desde aquel tiempo su desarrollo ha sido rápido. Los técnicos de todas las plantas del país, investigaron el uso del glioxal como un agente insolubilizante para reemplazar al formaldehído en muy variadas aplicaciones. Gradualmente las ventajas del glioxal, por no desprender vapores tóxicos y su habilidad para producir mayor número de enlaces cruzados o en otras palabras, mejor insolubilización, estimuló su más amplia aplicación. Actualmente el glioxal se usa comercialmente en 30 productos diferentes, desde la insolubilización del almidón en la manufactura de cierres de envolturas y otros almidones adhesivos para humedecer y dar mayor solidez a toallas de papel y otros papeles absorbentes.

El glioxal en combinación con Celloxize, hidroxietil-celulosa, que permite el mojado de los papeles, para darles consistencia con un aumento de sus propiedades absorbentes.

El caso totalmente contrario ocurre con la melamina y la úrea formaldehído que causan un marcado decrecimiento en absorbencia. Se ha encontrado que el glioxal es un excelente insolubilizante de la cola de animal y es usado comercialmente de esta manera en la manufactura de fósforos, empaques y muchos otros productos. Esto provee uno de los mejores medios para insolubilizar agentes emulsionantes, usados para preparar emulsiones de acetato de polivinilo.

## VERSATILIDAD DEL GLIOXAL

La acción reductora del glioxal se ha utilizado comercialmente en la electrotipia y en las industrias de espejos, donde muestra ventajas económicas sustanciales sobre el hidrato y el sulfato de hidrazina, que son los agentes reductores usados comúnmente en la deposición de la

plata. Un nuevo proceso de plateado en el cual entra glioxal en combinación trietanol-amina ha sido desarrollado por el "Government Printing Office" durante los dos años pasado, y ha ampliado los usos posibles o campos no contemplados por la anterior patente de Peacock. El rango de aplicaciones para el cual el glioxal ha sido recomendado y vendido con éxito es muy amplio. La versatilidad del glioxal se ilustra por los siguientes usos. La preparación de bloques y láminas de corcho, como agentes insolubilizantes para caseína y gelatina, en la preparación de productos farmacéuticos, como intermediario químico, como ingrediente para conservar fluidos. En corto tiempo el glioxal está realizando la creencia de los químicos, que hace doce años pensaron en los medios de dar contornos industriales al etilen-glicol a través del desarrollo del mercado de sus productos.

### ETILENDIAMINA

El progreso de la etilendiamina representó un problema más complicado que el del glioxal ya que en su producción resultaron otras tres aminas para las cuales hubo también que encontrar y fomentar mercados.

Cuando un proceso comercial para una molécula interesante da varios sub-productos el problema del desarrollo llega a ser excesivamente complejo. Puede resolverse solamente por cooperación estrecha y prolongada del vendedor y el consumidor y por acción conjunta de los conocimientos obtenidos por institutos de investigación, laboratorios comerciales e inventores independientes. Este fue el caso de las etilenaminas, etilendiaminas, dietilentriamina, trietilentriamina y tetraetilentriamina.

La etilendiamina fue preparada originalmente por A. W. Hoffman en 1817 quien calentó dicloro-etileno con amoníaco alcohólico en un tubo cerrado. La amina y sus homólogos fueron liberados por tratamiento con cal del producto de la reacción. Modificada en pequeños detalles la misma reacción se usa hoy industrialmente en "The Carbide & Carbón Plant" de Texas city Tex., con una capacidad para varios millones de libras de etilenaminas por año. Se ha sugerido otros procesos, pero el costo extremado de las materias primas ha probado que el proceso de dicloro-etileno-amoníaco es el mejor para uso industrial.

- Los químicos del siglo XIX y principios del XX, prepararon centenares de derivados de etilendiaminas, ya que mostraba una amplia reactividad con sustancias orgánicas e inorgánicas. Entre estos derivados resultó la piperacina, que

este año se está explotando en lotes de 10 barriles. La piperacina se usa para hacer un nuevo producto farmacéutico que promete bastante en el control de la filariosis y enfermedades relacionadas con parásitos de la sangre que destruyen al hombre en los trópicos.

La producción de etilen-aminas en escala de planta piloto empezó en 1933 en "Mellon Institute". Aunque las proporciones de etilen-diaminas y los miembros superiores de la serie podrían variarse algo, un miembro simple no podría producirse sin exclusión de los otros. Este trabajo fue intensificado en el laboratorio para encontrar usos simultáneos, no sólo para uno, sino para 4 productos químicos. Estos esfuerzos prosperaron lo suficiente para justificar la producción en escala de Planta Piloto de las etilenaminas en "South Charleston, W. Va. en 1936 con un precio de venta de \$ 0.75 por libra en barriles.

### ELIMINACION DE GAS

En 1930 se dictó una patente para cubrir el uso de las etinolaminas para la eliminación de gases ácidos de las corrientes de hidrocarburo gaseosos. Esto siguió el uso de la etilen-diamina para el mismo propósito con mayor eficiencia debido a su bajo peso equivalente. En 1931 se empezó un intenso trabajo en Mellon Institute sobre esta aplicación pero se supo muy pronto que las soluciones etilendiamida-agua, eran demasiado corrosivas para este uso y que la amina misma era demasiado volátil. Luego se dirigió la atención a sus homólogos superiores y se encontró que la trietilen-tetramina se comportaba satisfactoriamente. Sin embargo con el tiempo se hizo claro que las etanolaminas se afirmaron en el proceso de eliminación de gas ácido y no pudieron ser desplazados por la trietilentetramina. Aunque ninguno de los primeros usos se desarrolló suficientemente, se clarificó la posibilidad de ventas futuras, por su alta diversidad en muchas industrias. Esto fue alentador porque se vió que tarde o temprano unos pocos de los muchos usos propuestos podrían materializarse.

### GLIOXALIDINA DE LAS ETILEN-AMINAS

En 1930 empezó el rápido ascenso del rayón como materia prima para textiles. Las fábricas de rayón demandaron nuevos agentes para acabado tales como estas amidas para hacerles mercado en competencia con sedas y algodones finos. De nuevo hombres de dos asociaciones consultaron a Mellon Institute sobre estos problemas

y desarrollaron una nueva clase de agentes catiónicos para acabado de textiles conocidos químicamente como glioxalidinas. Las glioxalidinas superaron perfectamente a las primeras amidas debido a su mayor actividad catiónica y de aquí su mayor afinidad para los tejidos de celulosa.

Desde nuestro punto de vista, los derivados de la glioxalidina constituyeron una escogencia especialmente feliz. 3 de los 4 subproductos de la etilen-amina, cuando se convertían a las glioxalidinas correspondientes podían utilizarse debido a las pequeñas diferencias en las propiedades para uso en plantas de perfeccionamiento de textiles. El 4 subproducto tetraetilen-pentamina fue preparado en menores cantidades regulando apropiadamente el proceso de manufactura. Así, nuestro segundo esfuerzo para el desarrollo de usos comerciales para las etilenaminas, encontró mayor éxito que el primero. Han pasado 10 años y grandes cantidades de etilenaminas se usan aún en la industria textil, para hacer agentes catiónicos para acabado. A pesar de los muchos refinamientos en tejidos de rayón y del advenimiento de otros materiales de acabado, las glioxalidinas han probado ser las más importantes. Su disponibilidad comercial fomentó el avance de otros usos numerosos para ellas y materiales semejantes en los campos de las emulsiones, ceras sintéticas, resinas poliamidas, reactivos de flotación y detergentes.

### QUEBRADORES DE EMULSIONES

Suficiente extrañeza causó, el hecho de que la glioxalidina, que originalmente mostró grande importancia en acabado de textiles muestra ahora su mayor utilidad como quebrador de emulsiones en la industria del gas de agua.

Este material conocido como amina 220, es un derivado de etilendiamina. Su aplicación actual en la industria de gas de agua quizás justifica totalmente nuestro esfuerzo de hace 16 o 17 años para usar la etilendiamina en las industrias relacionadas con hidrocarburos gaseosos. Parece evidente de aquí, que el uso práctico de un producto asegura casi siempre su adecuada investigación y uso último en grande escala por la industria. En 1911 la producción de automóviles mostró la necesidad de construir carreteras con pisos duros al través del país. En aquel año se patentó un proceso para emulsionar asfalto con  $H_2O$  de tal modo que pudiera mezclarse fácil e íntimamente con piedra triturada. El emulsionamiento fué a base de amonio, del cual, después de la deposición, se liberó rápidamente el asfalto y el agua, quedando una carretera de asfalto-piedra resistente al agua.

Desde 1946 cantidades de vagones-tanques de dietilentriaminas se dan al consumo para producir aditivos de asfalto más modernos que capacitan al contratista para construir carreteras con pisos planos y endurecidos aún en tiempo lluvioso y con materiales de poco costo.

Cómo contribuyó este uso al desarrollo de la etilenamina?

Primero vino la idea de mezclar íntimamente asfalto y agua por medio de un emulsificador. Luego vino la producción de emulsificadores catómetros. Después la comprobación de que estos materiales catiónicamente activos, tenían doble naturaleza. Un extremo de su molécula era hidrofílica mientras que la larga, cadena grasa o extremo lipofílico se orientaba por sí misma hacia sustancias activas únicamente. La decisión de usar compuestos catiónicos con superficies activas como aditivos del asfalto sin necesidad de emulsificación, fue obvia. Sin embargo el vacío entre esta obvia teoría y su efectividad en dólares demoró largo tiempo en cerrarse.

### FLOTACION DE MINERALES

Un desarrollo paralelo resultó en el uso de agentes catiónicos en pigmentos rápidos y en la flotación de impurezas de sílices de la barita y la apatita. En la aplicación de pigmentos, varias etilenaminas se usaron en solución de hidrocarburos para desplazar la película de agua resultante del proceso químico. Así se evitaron operaciones costosas de secado y se pudo obtener un pigmento fino, disperso en aceites para hacer tintas y pinturas. En el uso para flotación, el derivado graso de la etilenamina se adhiere selectivamente con su extremo lipofílico a una partícula de sílice. De acuerdo con esto, la partícula se comporta como una gota de aceite y flota en la superficie del agua del proceso, dejando en el fondo el mineral secado en forma relativamente pura. Esta llegó a ser la mayor aplicación de las etilenaminas, particularmente en vista del hecho de que constantemente aumentan las cantidades de minerales de hierro con alto contenido de sílice, que deben ser extraídas de las minas para alimentar nuestros altos hornos.

Antes de la IIª guerra mundial se hicieron ciertas resinas poliamidas en cantidades comerciales para hacer una nueva clase de fibras textiles.

Esto alentó a muchos laboratorios para renovar las investigaciones sobre resinas basados en la etilenamina. La Tetraetilenpentamina, hasta esta época huérfana en la familia de las etilena-

minas, se condensó con fenoles polialcanos para dar una resina fuerte insoluble en agua que tenía la propiedad única de dar iones hidroxilo, mientras que absorbía otros aniones de un electrolito. Esta resina fue el primer cambiador de aniones práctico y completó los previamente conocidos cambiadores de cationes, proporcionando así por vez primera un método electrolítico muy simple para obtener agua muy pura. El proceso de intercambio de iones se desarrolló, desde este momento, con mucha rapidez y en varias direcciones, especialmente en la refinación de aguas.

Durante la segunda guerra mundial el déficit de muchas grasas y almidones naturales intensificó la búsqueda de nuevos adhesivos. Se supo que los ácidos grasos obtenidos de la soya podían polimerizarse para dar sustancias grasosas poco pegajosas, pero los métodos químicos fueron defectuosos para modificar los polímeros para usarlos como adhesivos. Entre el grupo de compuestos polifuncionales probados, se escogió la etilendiamina como el más apropiado modificador. Los detalles de este problema fueron resueltos en 1945 y un fabricante empezó la revolución en grande escala de nuevas poliamidas conocidas con el término genérico de "norelac". Estas resinas de bajo costo son termo-plásticas y sirven admirablemente para sellar en caliente fardos de papel.

Las reacciones de las aminas y bisulfuro de carbono, han tenido particular interés para los químicos. Hace cerca de 15 años se observó que las sales metálicas de los tiocarbonatos de alquil poseían propiedades fungicidas. Recientemente varios de los tiocarbonatos basados en la etilendiamina han probado ser efectivos fungicidas y para control de enfermedades de las plantas. El bajo peso molecular, la difuncionalidad y la facilidad de reacción de esta amina, la hicieron recomendable para este uso. Otro fungicida para el follaje de las plantas que va tomando importancia comercial es el "Crag" 341, que es el producto de la reacción de la etilendiamina y el ácido esteárico. Este producto es especialmente efectivo contra la costra del manzano y contra las manchas de las hojas de cerezo. Su suave acción sobre el follaje, permite el mayor crecimiento de los árboles y mejor producción de frutos que con cualquiera de los ácidos fungicidas más antiguos.

La naturaleza química del tartrato de etilendiamina es tal, que la compañía telefónica Bell la incluyó en su plan de investigación de nuevos compuestos piezoeléctricos. Hasta entonces

la única fuente comercial de materiales piezoeléctricos para el control exacto de las corrientes de alta frecuencia, habían sido las variedades de cuarzo seleccionadas, pero el aumento a partir de 1940 en el empleo de dichas frecuencias para radio, Radar y telefonía coaxial fue tan tremendo, que urgió el descubrimiento de nuevas fuentes de aprovechamiento de sustancias piezoeléctricas de gran seguridad y en grandes cantidades. La sal de Rochelle poseía la propiedad deseada, de tal modo que otros tartratos fueron también investigados. Se encontró que el tartrato de Etilendiamina era piezoeléctrico, y que cristalizaba en formas convenientes; además los cristales se dejaban trabajar mediante máquinas especiales, hasta adquirir la forma de finas laminillas, al contrario de lo que ocurre con el cuarzo que exige un largo y costoso proceso a mano. El desarrollo de la Televisión moderna debe mucho a la presencia de unas delgadas láminas de tartrato de Etilendiamina interpuestas entre el ojo y la escena que se transmite, en algunas partes de las complicadas canalizaciones eléctricas.

#### Otros usos de las Etilenoaminas

Una historia más completa del crecimiento admirable de las Etilenoaminas, incluiría las historias de la Aminofilina, droga maravillosa para el corazón; correctores orgánicos en el tratamiento de aguas; catalizadores para la industria del caucho; mejores procesos de plateado galvánico; reactivos para la industria del petróleo y miles más de sustancias que han tenido éxito en sus aplicaciones.

Las Etilenoaminas son mayores de edad. Ellas tienen ahora un sitio definido en la vida industrial moderna e indudablemente estarán cada día más firmes en él, a medida que nuevos investigadores con ideas en el mundo químico las utilicen para la solución de los cientos de problemas industriales que están esperando una respuesta.

El Glioxal, es un simple compuesto químico, las Etilenoaminas forman un grupo. Ambos respiraron por años en los cajones del laboratorio hasta que por fin fueron desempolvados, brillantados e introducidos lentamente a la Economía general. Sin un mercado, ellos no hubieran sido de utilidad para nadie; con ese mercado, han venido a añadir riqueza a la Economía entera. Como esto, hay miles de productos químicos y es el deber de aquellos de nosotros que trabajan en el desarrollo de los mercados sacarlos a la luz, hacer énfasis sobre sus puntos sobresalientes y ponerlos a trabajar.

## Etilhexanodiol

Consideremos la otra manera de acercarnos al desarrollo del Mercado. Existe una necesidad, pero ningún producto conocido es capaz de satisfacerla; debe planearse y desarrollarse una nueva configuración molecular. Este planeamiento puede ser simplemente una nueva disposición dentro de la molécula, de grupos y radicales bien conocidos; un caso tal es demostrado por el desarrollo del Etilhexanodiol.

La historia del Etilhexanodiol comienza con la batalla del hombre contra los insectos; estos han traído la muerte, la enfermedad y la miseria desde los comienzos del hombre y no es de sorprenderse por el hecho que el hombre aprendió bien pronto que ciertas sustancias tenían la propiedad de contener el ataque de esos enemigos. Los repelentes de insectos más usados por la primitiva humanidad eran hojas molidas y aceites y otros productos vegetales. A menudo la escogencia y el uso de los repelentes de insectos eran gobernados por las creencias religiosas y los usos de las tribus; por esta época aparecen la citronella y cien sustancias más, de un olor repugnante.

El primer intento científico para descubrir un repelente de insectos de uso personal que fuera efectivo y aceptable, comenzó en 1935, cuando G. C. Furness de la Unión Carbide tuvo la idea de que algún compuesto orgánico sintético debería repeler los insectos en mejor forma que cualquiera de los productos naturales que accidentalmente se habían empleado. Para ensayar esta idea la compañía estableció una beca en la Universidad de Rutgers bajo la dirección Philip Granett del departamento de Entomología. El problema que se había encarado, era el de encontrar un repelente de insectos que satisficiera una serie de condiciones, por ejemplo, debería ser fácil de usar, no debería dañar la tela, y de ser posible no debería dañar los barnices de uñas. El producto no podría disolver los plásticos, rayón y otras fibras sintéticas usadas para hacer telas. Debería ser inodoro y sobre todo, absolutamente inocuo para poder usarse sobre la piel.

Después de un cuidadoso estudio los colaboradores de Rutgers escogieron como principal insecto de ensayos al mosquito transmisor de la fiebre amarilla, el *Aedes aegypti*. Esta especie es fácil de criar en el laboratorio, tiene hábitos muy regulares y presenta un comportamiento hacia los repelentes de insectos muy semejantes al exhibido por los mosquitos más conocidos en Norte América. Los hombres de Rutgers desarrollaron técnicas especiales para la

cria del mosquito y para ensayar la efectividad de un compuesto químico como repelente. Tras ensayar muchos compuestos de estructuras diversas, encontraron algunos materiales muy superiores al aceite de citronella, el mejor de los extractos vegetales en el oficio de repelente de insectos.

Después de examinar las configuraciones químicas de los mejores repelentes, B. G. Wilkes, investigador de la Carbon and Carbide en el instituto Mellon, predijo que un diol de 8 carbonos, por ejemplo el 2-Etilhexanodiol 1-3 sería un repelente efectivo, de poco olor, un mínimo de acción disolvente y perfectamente libre del peligro de la toxicidad. Su predicción fue absolutamente exacta y este compuesto que se produjo con el nombre comercial de "6-12" demostró su efectividad excelente como repelente de varias clases de mosquitos, moscas, ceñes y otros insectos picadores. El compuesto demostró ser notablemente inocuo en lo referente a irritación de la piel pues no se presentó un solo caso de irritación o dermatitis en los millones de ensayos que se hicieron.

### Un modelo de Desarrollo de un Producto

El desarrollo comercial del repelente de insectos "6-12" ilustra un modelo diferente en el desarrollo de un producto. El primer paso consiste en la apreciación de una necesidad económica importante que podría ser llenada por algún compuesto o mezcla química. Segundo, deben desarrollarse técnicas y métodos para ensayar cuantitativamente si un compuesto particular llena esas necesidades. Tercero, deben ensayarse muchas configuraciones químicas y seleccionarse la más efectiva. El cuarto paso consiste en la síntesis de familias de compuestos relacionados con el principal, con el fin de mejorar alguna propiedad básica de aquel o para mejorar mediante mezclas, otras propiedades accesorias.

El modelo o plan esbozado es particularmente útil y valioso en el desarrollo de nuevos productos con propiedades valiosas desde el punto de vista biológico. Además del 6-12, nuestra experiencia con otros repelentes de plagas incluye los siguientes:

Fungicida para el Crag del césped, un complejo a base de Cadmio, Calcio, Cobre, Zinc y Cromo; fungicida 341 (heptadecyl glyoxalidina) para controlar enfermedades en los manzanos; fungicida 658 (cromato de zinc y Cobre), efectivo en enfermedades de la papa; Repelente de moscas N° 1, derivado de un Polialkilenoglicol, usado en aspersores para ganado, ideal para repeler la mosca de los establos Actualmente es-

tamos desarrollando productos que se muestran como verdaderas promesas como desinfectantes de semillas, herbicidas selectivos, preservativos industriales para almidón, caseína y gomas naturales, etc.

### Mejoras en los Fluidos Hidráulicos

Los frenos hidráulicos se introdujeron por primera vez en el costoso automóvil de Dusenbergh en 1921; el sistema hidráulico de Lockheed, designado por Malcom Lockheed hizo posible el empleo de frenos hidráulicos en carros de precio moderado, pero no fue hasta 1924 cuando Chrysler fue el primer fabricante de vehículos automotores que reconoció las ventajas del freno hidráulico contra los sistemas mecánicos anteriores. Hoy día el sistema hidráulico es el standard para frenos en todas las marcas de vehículos. Las necesidades de líquido para frenos en los Estados de la Unión, se estiman en 5 a 6 millones de galones anuales. Entre las primeras mezclas que se usaron para fluido hidráulico se encuentran las de etanol-glycerol y aceite de castor-etanol; el aceite de castor era el lubricante preferido por no atacar los empaques de caucho en el sistema. Uno de los inconvenientes del etanol y otros disolventes de bajo punto de ebullición es el de producir un tapón de vapor en el sistema del freno, de manera que ha habido necesidad de mejorar los fluidos con la introducción de disolventes con mayor punto de ebullición como los éteres del glycol y los alcoholes dicetónicos.

Tanto en tiempos pasados como ahora se han usado pequeños volúmenes de mezclas de inferior calidad que contienen materiales corrosivos o no lubricantes; los estudios sobre la corrosión han conducido al empleo de inhibidores y al desarrollo de nuevos metales y variedades de caucho. La demanda de fluidos para trabajar en todas las estaciones del año bajo condiciones extremas de frío o de calor ha desplazado el uso de bases de aceite de castor y ha sido necesario añadir alcoholes para prevenir el espesamiento en tiempos fríos; una práctica posterior ha sido el uso de grados de fluido para invierno y para verano; la dificultad de obtener un fluido aprovechable en todos los tiempos ha conducido a modificaciones en el aceite de castor, por ejemplo, aumentando la viscosidad, lo que permite el uso de mayor cantidad de diluentes de bajo punto de congelación, con la consiguiente depresión en el "Pour point" del producto terminado. Haciendo reaccionar el aceite de castor con glicoles para formar ésteres del Glycol se ha logrado aumen-

tar la tolerancia al agua y se ha hecho descender el punto de congelación y por lo tanto se ha mejorado la posibilidad de utilización a bajas temperaturas. Sin embargo todos estos procedimientos no son totalmente satisfactorios y se vió la necesidad de desarrollar bases sintéticas para reemplazar el aceite de castor.

Nuestro interés en este campo (fluidos para frenos) empezó en el período en que los fabricantes estaban buscando diluentes de mayor punto de ebullición para salvar la dificultad del taponamiento por vapor; fue de gran utilidad el que por ese tiempo eran disponibles grandes cantidades de ciertos éteres glicólicos que originalmente se empleaban como base para muchas lacas. Estos productos se mostraron muy fácilmente adaptables como diluentes del aceite de castor en virtud de sus altos puntos de ebullición, características de solubilidad excepcionales y bajos puntos de congelación. El alcohol dicetónico sintetizado a partir de la acetona fue una segunda ayuda en este trabajo.

En el proceso de vender estos productos a los fabricantes de líquidos para freno se llegó a un conocimiento de sus problemas. Además, basados en un estudio muy completo de los mercados actuales y potenciales, de las patentes y de las especificaciones de los fabricantes de automóviles, se estableció la primera definición del líquido ideal para frenos a saber:

1) El fluido no debe ser volátil ni debe descomponerse para dar vapores o productos de bajo punto de ebullición que traerían por consecuencia un tapón de vapor permanente o transitorio.

2) No debe causar ataque o desintegración sobre los empaques de caucho, pues se llegaría a la falla del freno por pérdida de fluido.

3) Debe tener un cambio de viscosidad pequeño a través de un intervalo grande de temperatura y debe fluir aún a bajísimas temperaturas.

4) No debe ser corrosivo a los metales como el estaño, bronce cobre, hierro, acero y aluminio.

5) Debe tener propiedades lubricantes adecuadas.

6) Debe ser miscible con otros fluidos standards.

Conocidos estos requisitos, se inició el trabajo de laboratorio en estrecha colaboración con los fabricantes de motores de automóvil, los productores de frenos y los fabricantes de fluidos hidráulicos: de estas diversas fuentes se obtuvieron informaciones nuevas que se relacionaron con las antes obtenidas y después de ase-

gurar y ensayar distintos materiales se abrió el camino hacia la obtención del fluido ideal. Pronto se hizo evidente que el número de diluentes que podían usarse en líquidos para frenos, estaba muy limitado; por ejemplo, los glicoles que llenaban muchos de los requisitos, no podían usarse como componentes principales debido a su inmiscibilidad con el aceite de castor y a sus altos puntos de congelación; los alcoholes superiores, materiales de puntos de ebullición relativamente altos y de poca volatilidad, atacaban demasiado el caucho, lo mismo que las cetonas y ésteres. De este modo el campo se veía reducido a un grupo limitado de compuestos hidroxilados, especialmente a los éteres glicólicos.

Hoy en día la mayoría de los fluidos hidráulicos de buena calidad contienen éteres glicólicos como diluentes; estos éteres comprenden una serie homóloga de éteres alcohólicos de los mono y di glicoles. Los miembros inferiores de la serie (por ejemplo el "Cellosolve" que es un éter etílico del glicol etileno) exhiben las propiedades tan deseadas de un alto punto de ebullición, alto "flash point", bajo punto de congelación, acción suave sobre el caucho, estabilidad y características de solubilidad excelentes.

Con el uso creciente de diluentes de mayor punto de ebullición y la consiguiente eliminación del problema del "tapón de vapor", se enfocó la atención sobre las dificultades del trabajo a bajas temperaturas, la precipitación de resinas y la corrosión con los líquidos a base de aceite de castor. Se trató de corregir en parte estos defectos neutralizando el exceso de acidez, pero el avance más importante fue el desarrollo del ester aceite de castor-glicol. El aceite de castor modificado de esta manera, alivió algunos problemas, pero estaba sometida aún a la hidrólisis y la resultante corrosión.

Se inició entonces la búsqueda de bases lubricantes totalmente nuevas; los objetivos eran claros y podía visualizarse la estructura química del compuesto ideal, convirtiéndose el problema en uno de síntesis orgánica. El resultado de esto fue una serie de nuevas bases, el grupo de los glicoles poliálkilenos y sus derivados conocidos en el comercio con el nombre de lubricantes "Ucon", que gozan de todas las propiedades de lubricación buscadas a saber: altos índices de viscosidad, bajos "pour points" y ausencia de formación de resina. Debido a su naturaleza sintética, estos materiales podían hacerse "sobre medida", para obtener características de viscosidad y solubilidad como se deseaba, permitiendo así una mayor comodidad en la formulación de fluidos hidráulicos. Además, es-

tos compuestos son estables química y físicamente y tienen muy baja acción sobre el caucho. Los problemas encontrados en las fórmulas primitivas fueron resueltos finalmente de dos maneras, es decir, mejorando los diluentes y sin tetizando nuevas bases.

En los días de la segunda guerra mundial se le dió a estos fluidos la prueba de fuego, pues las especificaciones que exigía el ejército americano sobre viscosidad y otras características fueron perfectamente cumplidas por los lubricantes "Ucon", de tal manera que se adaptaron perfectamente a las condiciones de todos los climas, desde los helados de Alaska y Canadá del Norte, hasta los ardientes desiertos del Norte de Africa. Pasada la Guerra, el comité de la sociedad Americana de Ingenieros Automovilarios, recomendó que las especificaciones dadas durante la guerra deberían mantenerse, pero debido a circunstancias de precio y diferentes necesidades, se hizo una diferencia en la clasificación de fluidos: fluidos para trabajo pesado y fluidos para trabajo moderado.

Los nuevos líquidos para frenos tienen muchas otras posibilidades; como lubricantes fueron empleados en la industria aérea para accionar los frenos, las puertas, varios controles y los amortiguadores. Estas mezclas no inflamables, que se han llamado "hidrolubes" fueron desarrolladas en el Laboratorio de Investigación Naval, y están compuestos por glicol etileno-agua y lubricantes sintéticos de alta viscosidad.

La calidad de los líquidos para frenos ha sido grandemente mejorada y los nuevos fluidos continúan ganando una mayor aceptación, pero el trabajo de investigación sigue progresando hacia la utilización de nuevos materiales que son ahora utilizables gracias a la investigación química. Como un ejemplo de lo que se ha hecho y de lo que podrá hacerse en el futuro, baste recordar que hace un año las especificaciones del comité del SAE establecían una viscosidad máxima de 2.200 centistokes a (-40°F; esta especificación ya ha pasado a la historia pues los fabricantes de automóviles exigen fluidos con una viscosidad tan solo de 500 a 1000 centistokes a la misma temperatura; este progreso se realizó en un año y a medida que se presenten nuevos problemas, se desarrollarán nuevos materiales sintéticos que vengan a resolverlos.

### Quién llega primero?

Al pasar revista a los productos de Carbide que han tenido éxito, encontramos que más o menos la mitad fueron diseñados inicialmente para satisfacer un mercado particular. Además

de los lubricantes "Ucon" y los insecticidas sintéticos, la lista incluye los plastificantes Flexol para las resinas del tipo Vinilitas, el silicato de Etilo para trabajos delicados de fundición y los agentes humidificantes Tergitol. Entre los compuestos que se encontraban en condiciones de venderse antes de que hubiera un uso para ellos, se encuentran el Glyoxal, las Etilenoaminas, la Morpholina, el Propilén glicol, los éteres vinílicos y los poliglicoles Carbowax.

Así se ve, que a veces el mercado está esperando que se conciba una molécula y se desarrolle un proceso y otras veces por el contrario, el producto y el proceso están listos antes de encontrar un mercado. Desafortunadamente para el departamento de ventas, el mercado y el producto raras veces se desarrollan simultáneamente a menos que se haga un esfuerzo considerable en el desarrollo de las ventas. Como ejemplos de lo que se puede hacer a lo largo de estas

líneas, están el uso del glicol etileno en los anti-congelantes Prestone y de los solventes Cellosolve en la industria de lacas y barnices.

No importa quién llegue primero, producto o mercado; el hecho fundamental es que un producto para que tenga éxito requiere el esfuerzo cuidadoso y coordinado de los científicos investigadores, de los ingenieros y de los encargados de ventas. El especialista en el desarrollo de mercados es generalmente un coordinador y su trabajo es crítico y delicado; debe ser persistente pero no obstinado, persuasivo sin grandes argumentaciones, imaginativo aunque estrictamente de acuerdo con los hechos, bien informado pero ansioso siempre de aprender. Lo más importante de todo, el experto en mercados debe "catalizar", nunca impedir, el intercambio franco y libre de ideas entre los departamentos de investigación, ventas, producción y de Ingeniería.

## DISEÑADORES E INGENIEROS

Estamos en capacidad de  
suministrar los imple-  
mentos para sus trabajos.

Reglas graduadas, Curví-  
grafos, escuadras, tintas,  
lápices, etc. etc.

+++

**LIBRERIA  
BEDOUT**

— M E D E L L I N —

# La Redacción

J. Aycardo Orozco R.

## CHARLA ATÓMICA

El presente artículo tiene un carácter estrictamente definido de aquel que ofrecen todos los conocidos como de divulgación popular.

Esta ininterrumpida serie de noticias sobre la bomba atómica, la bomba de hidrógeno, los efectos causados por aquella sobre las dos "ciudades mártires" de la primera mitad de esta centuria y lo que será del mundo cuando se utilice con fines bélicos la segunda; esta racha de notas que surge aquí y allá sobre cuestiones de energía nuclear, me trae ya a una escasísima distancia de la locura porque, a decir verdad, yo no entiendo ni jota de estas cosas. Varias veces he tratado de indagar algo que me de tema para conversar, siquiera sea superficialmente, sobre esto o al menos para no fastidiarme cuando se menciona la cuestión, pero desafortunadamente para mi se cae a la Teoría de la Relatividad, se menciona a Plank y Maxwell diciendo que el primero sentó las bases de la "filtración cuantica" y el segundo estableció la ley de la distribución de las velocidades térmicas; que Niels Bohr comprobó esto, que Lord Rutherford concibió aquello y una enumeración indefinida de hechos y sabios que han concurrido a hacer posible la fabricación de estos artefactos diabólicos que si no nos han de matar con sus impactos sí lo harán por las preocupaciones que nos han creado.

Las anteriores o muy semejantes eran las manifestaciones que, con carácter casi de reproche, le hacía una tarde de estas un amigo a otro, el cual, a su vez le ofreció una sencilla explicación de algunos fenómenos que si no lo capacitan para entender el complejo mecanismo necesario para la liberación de la energía nuclear, sí lo dejan en posesión de conocimientos elementales con los cuales pueda apreciar estos

problemas en forma diferente. He aquí un breve resumen de la exposición del segundo de los amigos.

Es un hecho perfectamente establecido que una de las primeras formas de energía utilizadas por el hombre fué la mecánica y que gracias a ello realizó una de las más fundamentales transformaciones en la historia de la humanidad, cuando al frotar un trozo de madera seca contra otros, produjo el fuego con el cual se podía transformar el agua en vapor y llevar a cabo toda aquella serie de operaciones que hoy nos brindan las ventajas de la comodidad y los peligros de la destrucción. El fuego, no es otra cosa que el fenómeno que informa de las reacciones químicas que se operan con desprendimiento de calor, esto es, con liberación de energía térmica.

Pero cómo es esto de que con cantidades ínfimas de energía mecánica sea posible obtener tanta energía térmica como en el caso de que con sólo rastrillar una cerilla se tenga allí el calor suficiente para reducir a cenizas tantas cosas? Sencillamente porque al frotar la cerilla se le está proporcionando una cantidad de energía suficiente para que se libere parte de la que hay almacenada en los compuestos químicos que la forman, la que a su vez es útil para hacer desprender la del carbón, constituyente principal de todos aquellos cuerpos que llamamos orgánicos, el cual, al combinarse con el oxígeno que abunda en el aire, hace que se desprenda una porción de la energía que llevan almacenada y que han recibido del sol.

Esta elemental reacción química entre el carbón y el oxígeno es una de las fuentes de energía de que se ha valido el hombre en el curso de miles de años para conducir con éxito tantas operaciones como son aquellas que tienen como causa prima el desarrollo de calor.

Esta energía como toda aquella que resulta de las reacciones químicas que se producen con su desprendimiento es la que se conoce común-

mente con el nombre de *energía de reacción*, la cual acostumbran los físicos y químicos apreciarla en unidades denominadas caloría y B.T.U. que son respectivamente, la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado centígrado y la necesaria para elevar la temperatura de una libra inglesa de agua en un grado fahrenheit. Al pretender conocer el trabajo que puede llevarse a cabo con una energía igual a una caloría, basta convertir esta en ergios, teniendo en cuenta que un ergio es el trabajo realizado por, aproximadamente, un miligramo (mas exactamente, una dina = 1/981 grs.) al desplazarse un centímetro y que una caloría es igual a  $4.185 \times 10^7$  ergios.

Pero es prudente dejar a un lado estos principios tan elementales para entrar a considerar que de acuerdo con las teorías de los filósofos hindu Kanada y griego Demócrito el átomo fue tenido como el límite o nadir de la divisibilidad. Pero Dalton advirtió posteriormente que era más consecuente considerar el átomo como la partícula elemental de la materia cuya divisibilidad no podía proseguirse por medios químicos y T. Graham propuso definir el átomo como una cosa que aún no había sido dividida.

Con el decurso de los años los sabios fueron dándole cuerpo a la idea de la complejidad y divisibilidad del átomo hasta lograr el conocimiento que se tiene de él hoy como un micro-mundo que encierra fantásticos secretos.

De conformidad con el modelo atómico propuesto por Rutherford y Bohr, el átomo está constituido por un núcleo central y una atmósfera que lo rodea; más, el tamaño es tan pequeño, como podrá apreciarse al saber que en un gramo de cobre hay, aproximadamente 90 trillones de ellos y que cada uno pesa un diez-miltrillonésimo de gramo, cantidad ésta difícil de concebir por la mente humana. No obstante en esta ínfima cantidad de materia se están desarrollando los fenómenos que nos tienen al borde del cataclismo.

Si se vuelve a la consideración del átomo tal como lo propusieron los sabios atrás mencionados, se verá que su parte central o núcleo está constituido por partículas de carga eléctrica positiva, llamadas comúnmente protones cuya densidad es tal que son prácticamente los responsables del peso real que acusan los elementos. Además de estas hay los neutrones que son "unidades fundamentales de materia sin carga eléctrica". Fuera de esto existen otras partículas caracterizadas y denominadas más que todo por

su comportamiento físico, las cuales no interesan mucho en el desarrollo de estas generalidades. El núcleo atómico está rodeado, como se ha dicho, por una atmósfera en la cual se mueven las partículas de carga eléctrica negativa o electrones. Esta capa ofrece un radio de unas diez mil veces mayor que el del núcleo.

Es de advertir que cada cuerpo simple o elemento como son el oxígeno, el oro, el cobre, el uranio, etc., está caracterizado por un determinado número de protones libres en el núcleo, pudiendo variar este número de uno para el hidrógeno, el elemento más liviano, hasta 92 para el uranio, el más pesado de los elementos naturales. Si, por ejemplo, a un elemento liviano como el nitrógeno que tiene siete protones libres en el núcleo se logra modificarle su constitución nuclear para que aparezca con ocho, dejará de ser tal para convertirse en oxígeno, cuerpo éste que tiene propiedades muy diferentes del anterior. Esto es lo que llaman los físicos "transmutación atómica por  *fusión*". En cambio, si se toma un elemento pesado como el uranio que, como queda anotado, tiene 92 protones libres en el núcleo y se procura, por cualquier método apropiado que solo aparezca con 82, ya no será uranio sino el simple plomo que usan nuestros humildes plomeros, proceso éste que se conoce como "transmutación atómica por  *fisión*". Pero hay algo más; al sucederse cualquiera de estos *fenómenos*, la energía liberada de ellos es lo fundamental. Unos simples cálculos darán una visión más objetiva de esto. Por un razonamiento igual al que se ha hecho atrás para el cobre, se llega a la conclusión de que un gramo de uranio tiene dos mil quinientos trillones de átomos. Si por un procedimiento apropiado (bombardeo atómico) se le hace escapar un protón a cada uno de estos átomos, podrá apreciarse que sale disparado con una energía de un millonésimo de ergio y que si se busca la energía proporcionada por todos los protones que hay en el gramo de Uranio, se verá que es igual a ochocientos mil billones de ergios. Si se desea convertir esta cifra en calorías, se tendrá que es igual a diez y nueve mil millones de calorías, o sea igual también, a diez y nueve millones de kilocalorías. Ahora, si se tiene en cuenta que al explotar un gramo de T.N.T. (trinitrotolueno) proporciona una energía igual a una kilocaloría, se podrá deducir que la desintegración de un gramo de uranio produce una energía igual a la que se desarrolla al explotar diez y nueve toneladas de T.N.T.

Pero bueno, cómo se opera la desintegración

de un elemento que según dicen los entendidos es el principio de la bomba atómica? Sencillamente procurando hacer llegar al núcleo del átomo una partícula de materia dotada de tal velocidad que, no sólo por su presencia allí sino por su energía mecánica produzca un estado tal de desequilibrio que obligue a aquel a buscar uno de mayor estabilidad que solo lo encuentra fisionándose para quedar convertido en dos núcleos mejor compensados.

En un principio esto lo consiguió Rutherford con sus clásicos ensayos del *bombardeo atómico* o bombardeo nuclear por medio de aquellos fragmentos atómicos que resultan de la desintegración espontánea de los elementos llamados radio-activos y que se conocen como partículas alfa, las cuales son proyectadas como efecto de esta destrucción a velocidades del orden de los 15 a 20 kilómetros por segundo.

En 1932 este bombardeo progresó muchísimo con la utilización, como proyectiles bombardeadores, de los protones obtenidos a base de hidrógeno, como resultado de los trabajos llevados a cabo por Cockroft y Walton en Cavendish con su famoso aparato rompe-átomos, el cual sirvió de base para fabricar aparatos más perfectos utilizables para el bombardeo de Rutherford y que se han llamado generador electrostático de Van de Graff y Ciclotron de E. O. Lawrence.

La ciencia continuó su avasallador progreso hasta llegar a Hiroshima donde una artificial desintegración atómica dejó atónito al mundo. Este desbarajuste nuclear y el reacondicionamiento que prosigue para que resulten nuevos átomos estables produce una luminosidad momentánea tal que enciegue y hay un desarrollo de temperatura que se calcula en unos 15 a 20 millones de grados centígrados, la cual, si es cierto que tiene muy corta duración, si causa los estragos que ya conocemos.

Y bien, cómo es ésto de que los elementos estables que resulta de esta desintegración ofrecen unos pesos que sumados no dan una cifra

igual al peso del elemento desintegrado? La respuesta nos la ofrece Albert Einstein con uno de los principios a que llegó por medio de sus complejísimas disquisiciones matemáticas y que establece que la materia se convierte en energía y que esta energía valorada en ergios es igual a la masa, tomada en gramos, multiplicada por la velocidad de la luz expresada en centímetros por segundo y elevada al cuadrado. En forma de expresión algebraica sería

$$E = MC^2$$

Esta es la principal fuente de la energía diabólica de la bomba atómica, la cual, si ha sido perfeccionada, se llegó al convencimiento de que alcanzado el grado de peligrosidad que fué dable mediante costosos ensayos, no podía pasarse de allí sino a costa de cantidad verdaderamente fabulosas de dinero. Esto frenó la carrera casi incontrolable que llevaban los sabios en procura de condensar en un simple artefacto un poder de destrucción cada vez mayor.

Pero oh Manes! Tu dios maligno, el mismo de los maniqueístas ha triunfado! Cuando estos sabios se hallaron impotentes para avanzar en su infernal camino, se dieron cuenta que a sus pies se ofrecía el fenómeno de la fusión nuclear, servido en bandeja de oro, en el familiar gas que usan los niños para inflar bombas de caucho. Allí, en el inofensivo hidrógeno y sus congéneres en razón de su escasa densidad, está el poder que atomizará y desintegrará los átomos resultantes de esta pobre "*pelota terrestre*" cuando sobre ella se desencadene la energía que resultará de la pérdida de materia al fusionar unos cuantos núcleos de hidrógeno o de su hermano más robustico, el deuterio, para que se formen elementos más pesados.

Bueno, amigo: hasta luego y si no has entendido algo de ésto, vete donde Einstein para que llegues pronto al sitio donde te espera la camisa de fuerza que, sobre medidas, te tienen preparada.

J. Aycardo Orozco R.

•••