

# 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. Nº 2036  
Teléfono 177-10

---

AÑO III    Medellín, Noviembre de 1950    — VOLUMEN 3 — NUMERO 3

---

Tarifa postal reducida. — Licencia Nº 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.

---

## NOTA EDITORIAL

### PAZ DE RIO

La gran importancia que para el país tiene esta obra permite y requiere que sea comentada hasta más allá de lo usual y que cada uno de sus puntos sea delucidado convenientemente para una mejor ilustración de la opinión colombiana.

En el capítulo relacionado a las objeciones que los Sres de la Misión Currie le anotan a la Siderúrgica de Paz de Río, encontramos los siguientes que consideramos dignas de ser aclaradas: "El minera tiene un elevado contenido de fósforo. Esto requeriría convertidores básicos cuyo forro debe reemplazarse aproximadamente cada 30 soplos, cada uno de los cuales dura, más o menos, 30 minutos". "Tendrán que importarse grandes cantidades de materiales, especialmente forros para convertidores con grandes costos que se elevan, aproximadamente, U.S.\$ 700.000.00 por año". "La planta está situada a gran altitud y tiene una presión barométrica igual a dos tercios la del nivel del mar. Esto hará necesario el consumo de más coque y su equipo más grande por unidad de producto con el fin de manejar el mayor volumen de gas".

A la primera de estas objeciones puede anotársele que, aparte de que no es descartable la idea de que mediante un estudio mineralógico más intenso de nuestro país se encuentren yacimientos del material básico necesario para el tratamiento de minerales ácidos como el de Boyacá que nos liberen de la sujeción a la importación en que nos sitúan los señores de la Misión, no es tan calamitoso para nosotros esta condición de tener que usar los convertidores básicos pues bien es sabido que de su uso resultan subproductos que se conocen como Escorias Thomas, las cuales por su alto contenido de fósforo se utilizan como uno de los abonos fosforados más preciosos. Este subproducto resolvería nuestro gravísimo problema de la falta de este elemento en nuestros suelos laborables, puesto que dispondríamos de un fosfato que puede venderse a precios notablemente bajos y por consiguiente al alcance de nuestros agricultores que hoy luchan con el escaso rendimiento de sus cosechas porque el precio que tiene el abono fosfórico no permite su uso en armonía con las necesidades.

Tampoco es tan grave como a simple vista aparece el hecho de que en esta planta haya necesidad de un alto consumo de coque puesto que al producirlo como suponemos que allí se va hacer se obtiene una serie de productos que entre nosotros no los hay y que son de gran utilidad. Bien conocido es que la destilación seca de una tonelada de hulla produce, más o menos, unos treinta metros cúbicos de gas que es de preciosa aplicación no sólo como combustible casero pero también industrial; unos 2 a 3 kilos de amoníaco que reduciría nuestra importación de este artículo y que resolvería nuestras tan urgentes necesidades de abonos amoniacales que hoy se importan a precios prohibitivos y, que si algo sobrara, bien pudiera utilizarse en la fábrica de Carbonato de Sodio que se acaba de montar cerca a Zipaquirá y donde se va a producir el Carbonato por el sistema que exige como materia prima el amoníaco precisamente; unos 60 a 70 klos. de aceites de diferentes viscosidades y de usos muy variados ya que en su composición van incluidos el benceno, fenol, tolueno, naftaleno, antraceno, xilenos, cresoles, creosota, pez y una interminable serie de otros cuerpos y derivados y unos 500 a 700 klos. de coque. Como puede apreciarse no es tan grave el hecho de que sea menester un alto consumo de coque puesto que des mayor cantidad de los anteriores productos dispondríamos para satisfacer nuestras necesidades y para el florecimiento de una inmensa variedad de industrias químicas importantísimas.

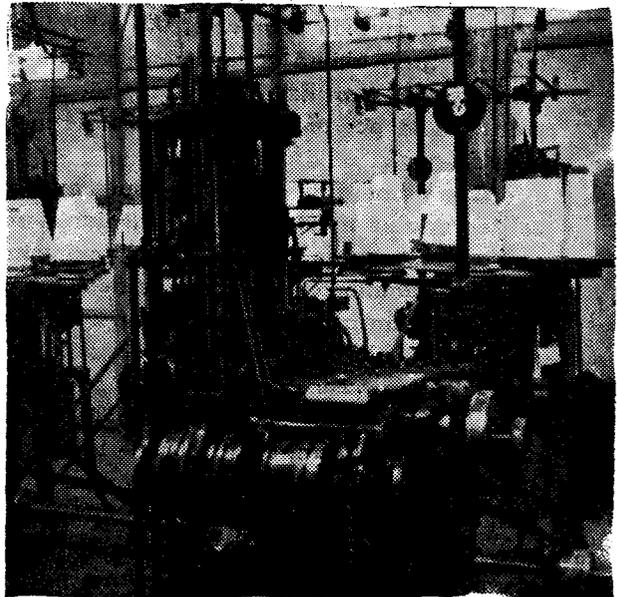
D

Con las anteriores anotaciones no nos anima ninguna disposición polémica, sino el deseo de mostrarles a nuestros conciudadanos que algunas de las objeciones anotadas por los señores de la Misión Currie a la Siderúrgica de Paz de Río ofrecen aspecto que, cuidadosamente observados, pueden clasificarse como realmente ventajosos.

Sección de máquinas  
**Komet Links and  
 Links.**

Este es el detalle de una de estas modernísimas máquinas con las cuales **Calcetería Helios** se coloca a la altura de los mejores productores de media para hombre, lo que representa una verdadera contribución al progreso patrio.

**Calcetería Helios**  
 la más grande del  
 País en medias para  
 hombre.



*Nuestra Portada*

# Fundamento e información de operaciones preliminares a T a l a d r o

Jaime Mondragón I. Q.

El petróleo es un líquido oleoso, inflamable, de color que varía entre el casi incoloro y el negro, pero que suele ser de un tinte pardo oscuro o verdoso. Se le encuentra en los estratos superiores de la corteza terrestre y es esencialmente una mezcla compleja de hidrocarburos con pequeñas cantidades de sustancia, tales como azufre, compuestos de nitrógeno, agua y sílice.

Hay gran diversidad de tipos de petróleos, desde los muy claros y fluídos como son las gasolinas hasta los espesos embreados muy parecidos al asfalto. Esto en cuanto se refiere a sus propiedades físicas, ya que químicamente, los crudos de petróleo pueden ser o petróleos base parafínica o petróleos base asfalto. Distintas teorías explican el proceso de formación del petróleo. La más comúnmente aceptada es la que sugiere que la fauna marina enterrada en el fondo de mares prehistóricos, gradualmente se ha venido convirtiendo en petróleo por evolución realizada en el transcurso de millones de años.

Puesto que el petróleo y el gas son menos densos que el agua, ellos tienden a elevarse a la superficie terrestre, ascenso a veces interrumpido por algún obstáculo como el opuesto por una formación impermeable.

El petróleo se encuentra principalmente en areniscas y calizas porosas, estratos que no están formados por una roca sólida, pues contienen innumerables huequecitos o poros en los que el gas y el petróleo pueden asimilarse. Los estratos yacentes encima de las formaciones petrolíferas son más densos que éstos y al sufrir combaduras o dobleces, forman trampas que detienen el ascenso del petróleo. Estas trampas ocurren en diferentes clases de estructuras geológicas, todas las cuales se consideran como yacimientos potencialmente productivos.

La más arriesgada inversión petrolera es la que se dedica a la búsqueda de nuevos depósitos subterráneos. Los geólogos y geofísicos utilizan las más adelantadas prácticas científicas en la exploración. Sin embargo, solamente uno o dos de cada 10 pozos exploratorios resultan productivos comercialmente. Se llaman pozos exploratorios aquellos que se perforan en nuevos territo-

rios o para reconocer arenas no probadas en un campo ya en producción. Mediante el estudio de las capas subterráneas, los geólogos localizan aquellos sitios donde se ha podido formar acumulaciones de petróleo. Aún, en regiones donde hay producción de petróleo se requieren estudios muy esmerados para averiguar qué partes de una región son las de estructura más favorable. Tales depósitos de petróleo, suelen encontrarse a varios miles de metros debajo de la superficie de la tierra y los aparatos científicos usados hoy con la búsqueda del petróleo, no revelan donde hay petróleo, sino donde "puede encontrarse".

Estos aparatos científicos que se usan antes de invetir un capital considerable en la perforación de un pozo exploratorio, son el Magnetómetro, el Gravímetro y el Sismógrafo.

Pero antes de pasar por cualquier línea del terreno un aparato de estos, comisiones de geólogos han levantado mapas y estudiado las formaciones yacentes en la superficie, esto es lo que se llama "Geología de Superficie". Entonces con el Magnetómetro que mide las diferencias en el magnetismo terrestre causadas por las rocas del subsuelo, se obtienen datos para agregarlos a los de Geología de Superficie, lo mismo que los obtenidos con el Gravímetro que es un sensible aparato que da los pesos de las rocas subterráneas. Con estos datos, si es que han chequeado se puede levantar la "Columna estratigráfica" del terreno en cuestión. Esta columna estratigráfica, no es más, que el conocimiento del orden en que se encuentran y del espesor aproximado de las distintas capas subterráneas. Cuando los estratos de posible producción, se encuentran a gran profundidad, se usa el Sismógrafo que está dando buenos resultados en el descubrimiento de nuevos campos de petróleo. El Sismógrafo se basa en las diferentes velocidades con que las rocas de diferentes tipos transmiten las ondas de vibración. Una partida de Sismógrafo consta de camiones perforadores, que abren los hoyos donde después se coloca la dinamita para disparar, los camiones de agua para la perforación y el camión de registro donde van delicados aparatos científicos.

Hoy, la tendencia de las compañías petroleras es hacer los cuatro estudios preliminares dichos de Geología de superficie, Magnetómetro, Gravímetro y Sismógrafo, en su orden para un mismo terreno, antes de invertir de uno a dos millones de dólares que suele costar un pozo exploratorio profundo. En esta forma si los estudios chequean, habrá mejores posibilidades de encontrar petróleo. Es de notar, como también, que toda compañía petrolera como condición para seguir funcionando, debe contar con reservas subterráneas iguales o mayores a las que tenga en producción.

Una vez terminada las operaciones de Geología y Geofísica, siguen las operaciones de perforación.

### GENERALIDADES DEL SISTEMA DE PERFORACION ROTATORIA

El método de perforación más extensamente usado es el método de perforación rotatoria, porque es de anotar que anteriormente, las perforaciones se hacían por medio de otros sistemas, como el de perforación a percusión, etc., que hoy están casi abandonados por completo.

Los estratos o capas de piedra que se perforan, con intención de conseguir el petróleo, son taladrados con "brocas de acero" que van enroscadas a una tubería también de acero y que se llama "la tubería de perforación", para manipular ésta, habrá necesidad de una "torre de perforación" para colocar la tubería cuando se extrae del pozo o para tomarla cuando se va a introducir en el mismo; de una "mesa rotatoria" colocada a nivel con el piso de la torre y a unos 14 pies encima del nivel del terreno y sobre la boca del pozo, provista de aditamentos especiales para agarrar la tubería así como de una cadena de transmisión de energía, para hacer rotar la columna perforadora. En la parte superior de la tubería de perforación una pieza llamada "Unión giratoria" está enroscada, la cual permite suspender la tubería en el pozo permitiendo al mismo tiempo rotarla con la mesa rotatoria. La parte superior de la unión giratoria se une a la "polea viajera" por medio de un "gancho", a través de las roldanas de la polea viajera pasan los "cables de perforación" que a su vez pasan por la "polea fija" que se encuentra en el tope de la torre, luego los cables pasan por el "malacate" desde donde se acciona el cable de perforación por medio del "torno de izaje".

La tubería de perforación y la unión giratoria son huecos para permitir, el bombeo de cualquier fluido (lodo o cemento o agua), hasta la broca y luego a través de los agujeros en la bro-

ca, el fluido regresa afuera del pozo a través del espacio anular entre el hoyo y la tubería de perforación, ya que, la broca es siempre de diámetro bastante mayor que el diámetro de la tubería o de cualquier otra conexión o tubos especiales que se usan en perforación según las necesidades o problemas que se presenten. Este fluido barre y transporta el material de roca cortado por la broca, hasta la superficie. La circulación del fluido de perforación a través del pozo, se mantiene por medio de "bombas" recíprocas poderosas conectadas por medio de una conexión flexible o "manguera" con la unión giratoria y de ésta, con la tubería de perforación. El fluido o lodo de perforación al salir del pozo continúa "por un tubo de flujo lateral", de 5 a 10" de diámetro y a unos 10' desde la boca del pozo desemboca en una "canal" prefabricada de acero, por la cual el lodo fluye más despacio depositando algunos pedazos de roca o de formación que se asientan en la canal, pero la mayor parte de éstos, son separados, haciendo que el lodo pase sobre "cribas" donde el lodo es colado a través de mallas de alambre, los pedazos de formación son desplazados afuera por el movimiento e inclinación de las cribas, las que están provistas de sus "motores". El lodo continúa por la canal después de haber pasado a través de las cribas, hasta los "tanques de lodo" de donde las bombas lo succionan y bombean al pozo por tubería de 4 a 6" concluyendo así, el ciclo de circulación del fluido. El lodo, así utilizado en ciclo cerrado, será reemplazado solamente por la cantidad de lodo que las formaciones penetradas absorban.

La unión giratoria y el juego de perforación que comprende el "kelly", la tubería de perforación, los collares de perforación y la broca, pueden subir o bajar dentro del pozo, por medio del equipo de izaje. Este equipo de izaje, consta de una polea fija instalada en la corona de la torre, una polea viajera o móvil y el cable de perforación que es un cable de acero que pasa a través de las roldanas de las dos poleas dichas, pasando su extremo libre hacia abajo desde la polea fija y por dentro de la torre a enrollarse sobre un tambor o "torno de izaje" soportado por balineras metálicas montado en un marco de acero. Este torno de izaje, es movido desde otro eje a través de cadenas y ruedas dentadas que son movidas a su vez por motores Diesel o eléctricos o de gas o por máquinas de vapor. Los ejes del malacate están provistos de sus embragues individuales para poder operar con dos o más velocidades diferentes. El torno de izaje, tiene además, sus frenos de banda poderosos sobre los extremos del torno, los cuales permiten suspender el peso del juego de perforación y de

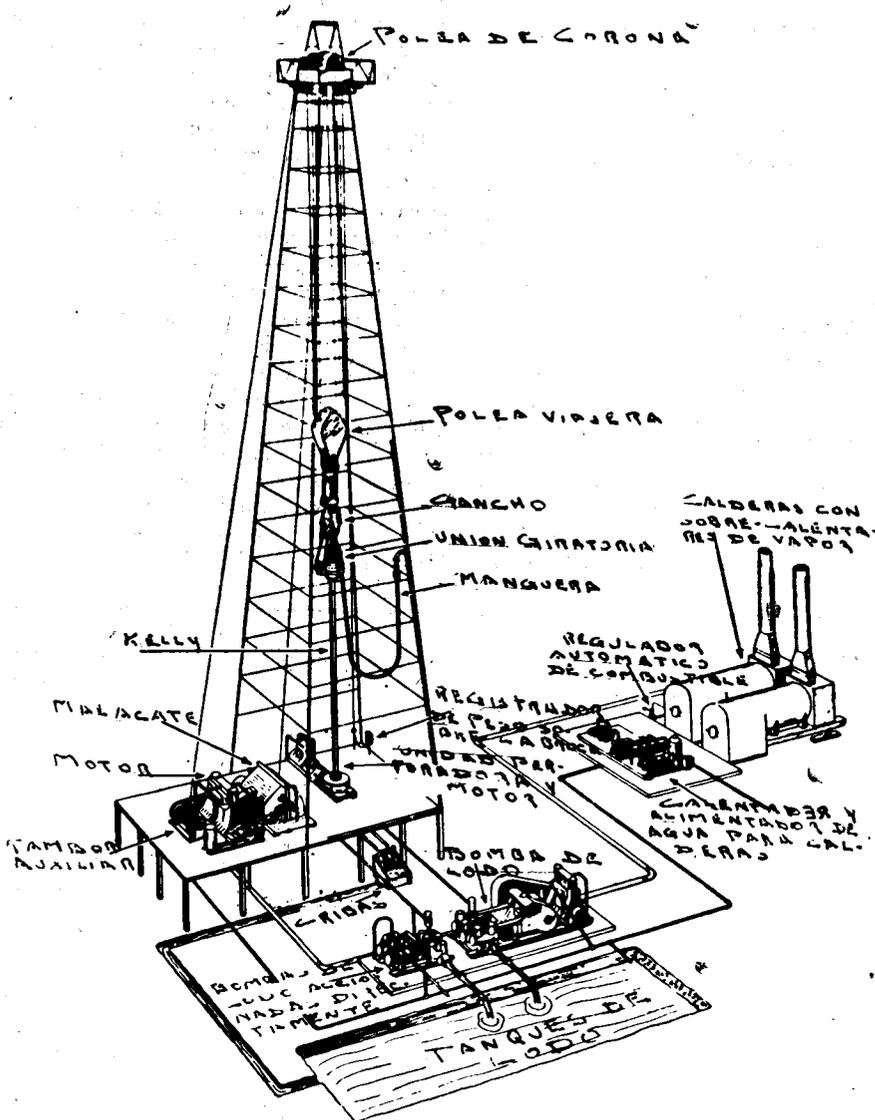
la unión giratoria cuando los embragues están desempleados. Sobre uno de los ejes del malacate, hay también una rueda dentada para una cadena que opera la mesa rotatoria.

El eje motor puede también soportar una rueda dentada adicional para operar un mezclador de lodo y dos tornos "auxiliares" usados para aplicar energía a las pesadas tenazas usadas para enroscar y desenroscar las uniones de la columna perforadora.

El torno de izaje con su eje de soporte, el eje

motor, las ruedas dentadas, los frenos, embragues y soportes se conocen con el nombre de "malacates". Comunmente suministrado como una sola unidad por los constructores especializados en equipo de perforación rotatoria. El tamaño y el peso del equipo varía de acuerdo con el diámetro y la profundidad del hoyo que se va a talar.

Para comprender mejor lo explicado, adjunto la fig. N° 3, en la cual se puede apreciar el conjunto del equipo de que he tratado en este capítulo de las "Generalidades de Perforación".



ESQUEMA QUE MUESTRA LA RELACION DE PARTES EN UNA PLANTA PERFORADORA ROTARIA MODERNA

## DISEÑO DE TORRES DE PERFORACION

**Definición.**—Una torre es una estructura piramidal truncada, de cuatro lados, de sección horizontal cuadrada, que comprende cuatro patas que forman las esquinas de la estructura liada por una serie de miembros estructurales horizontales e inclinados.

La torre de perforación es de acero, las alturas más frecuentes en que se construyen son de 122 y de 136 pies. El espacio encerrado dentro de las cuatro patas es comunmente de 24 pies<sup>2</sup> al nivel del piso de la torre y 5½ pies<sup>2</sup> en la corona. Lleva a distintas alturas plataformas laterales con sus pasamanos y guardillas de seguridad para el "torrero", esto es el obrero que manipula las barras de perforar (triples o dobles según la altura de la torre).

La estructura en conjunto debe tener rigidez y no debe adquirir deformación permanente cuando soporta su máxima carga a la cual será sometida en servicio, ni tampoco, vibrar demasiado cuando se le somete a los esfuerzos impuestos por el equipo de perforación en operación.

La torre está montada sobre una subestructura que comprende una serie de vigas en "I" estructurales de acero soportadas sobre postes verticales cortos que son también vigas estructurales en "I" que descansan sobre bases de concreto. El piso de la torre o trabajador que va sobre la subestructura descrita se hace de tabloncillos fuertes pegados uno al lado de otro.

Además de la subestructura de la torre, hay la subestructura para el malacate y para los moto-

res, esta subestructura va a nivel con la subestructura de la torre y es en esencia lo mismo que ésta.

Las torres se construyen de acero o de madera, para las de madera se usan bastante el pino, el olmo y el roble. Los equipos modernos y para pozos profundos siempre emplean torres de acero que se construyen de ángulos estructurales o también de vigas en "I" o de forma tubular. Los aceros con que se construyen las torres son de bajo contenido de carbón. En una torre de tipo standard las patas se construyen de ángulos estructurales de 6×6×⅜" y de 5×5×⅜" son los usados para las estructuras más grandes y pesadas. Mientras que los miembros horizontales son ángulos estructurales de acero que varían desde 5×5×⅜" hasta 2½×2½×⅜", que depende de su posición en la estructura, los miembros diagonales son ángulos estructurales de 2×2×⅜" o ×⅜". Los primeros cinco entrepaños están atados con diagonales dobles y del 5º entrepaño hasta la corona, los entrepaños se fijan con diagonales sencillos o puntales que sirven para mantener rígida la estructura, y la vibración es reducida considerablemente.

Los tamaños de las torres de acero están hoy bien standardizados, así hay 9 tipos de torres de acero que se consideran como standard. En la tabla adjunta se observarán las dimensiones para dichos tipos standard. Los cuatro tamaños mayores son los más usados en perforación rotatoria de pozos profundos y semi-profundos.

Dicha tabla fue tomada del "A. P. I." Standard N° 4, mayo de 1942.

Nº de Tamaño	Altura en pies	Base en pies <sup>2</sup>	Lado de sec. en la corona
8	66	20	4' 4"
9	73	20	4' 4"
10	80	20	5' 6"
11-A	87	20	5' 6"
11	87	24	5' 6"
12	94	24	5' 6"
16	122	24	5' 6"
18	136	26	5' 6"
18-A	136	30	5' 6"

En general mientras más alta la torre, deberá tener mayor base. Las torres de 94' se usan en perforación rotatoria pero solamente para pozos pandos o poco profundos. La de 122' para pozos de profundidades moderadas y para pozos profundos se usan las torres de 136'. Se han usado torres aún más grandes como de 178' con 32' cuadrados de base, pero este tipo aún no se considera standard por el A. P. I. (Instituto Americano de Petróleos).

La escogencia de tipo y tamaño de torre depende de la profundidad de pozo que se va a perforar, así como de la economía en gastos de instalación y ahorro de tiempo en el manejo de la tubería de perforación para introducirla o extraerla del pozo. Así las torres más altas permiten usar barras dobles o triples o cuádruples o sea, tubos de perforar de 30' cada uno que se unen y se colocan de a 2 o de a 3 o de a 4. Por ejemplo se calcula que, una torre de 178', permite extraer e introducir la tubería en un pozo de 10.000' en 69 minutos menos que el tiempo tomado con una torre de 136', ya que en la de 178' las barras de perforar se pueden colocar en cuádruplos, mientras que en la de 136' solamente en triples.

La carga que se aplica a una torre de perforación es compleja, frecuentemente se aplica excentricamente, por lo cual es difícil su análisis. Las patas siempre están sometidas a compresión, aunque a veces también están sometidas a esfuerzos de dobladura. El peso o carga muerta de la estructura imponen esfuerzos muy pequeños sobre los miembros horizontales y diagonales, pero cuando la carga debida al viento y la carga viva desarrollada, cuando el equipo de perforación está en operación se aplican, los miembros horizontales y diagonales son sometidos a esfuerzos. La magnitud de los cuales depende de la naturaleza y dirección de aplicación de la carga y de la posición del miembro en la estructura. Generalmente los miembros horizontales están sometidos a compresión, mientras que los diagonales están sometidos a tensión. Los entrepaños individuales están sometidos a esfuerzos de dobladura y de torsión, como por ejemplo, cuando la tensión se aplica en un cable suspendido desde una roldana no en el centro de la polea fija hacia un lado de la estructura. A veces en ciertas fases del proceso de perforación cargas de impacto y de esfuerzos severos son impuestos. Aunque la carga es compleja y varía considerablemente con el carácter de la carga viva impuesta, es posible diseñar una torre por métodos gráficos o análisis matemáticos y proporcionar cada miembro de la estructura de acuerdo con el máximo es-

fuerzo que soportará en operaciones normales de perforación.

**Carga muerta.**—En selección de torres para perforar se debe considerar la mayor carga que la torre va a soportar. Generalmente esta carga es el peso de la columna más pesada de tubería de revestimiento que se va a introducir en el pozo. Esto puede computarse si el tamaño y la profundidad a la cual se va a colocar la tubería de revestimiento se conoce de antemano. A la carga muerta de la tubería de revestimiento debe agregarse de 25 a 50% como fricción permisible. Así por ejemplo, si 6.000' de 9.5/8" de 40 lbs./pie de peso, de tubería revestidora se van a introducir en un pozo usando 25% para la fricción, tendremos:  $6.000 + 0.25 \times 6.000 = 7.500$ ;  $7.500 \times 40 = 300.000$  libras será la carga muerta probable. El máximo esfuerzo que soporta la torre sería extrayendo la tubería de revestimiento. De tablas se obtiene el valor de máxima "Resistencia de extracción" para la tubería de revestimiento que se trate. Así por ejemplo, para una de 9.5/8" de 40 lbs./pie J — 55 dicho valor es 477.000 libras (la manera de obtener este valor concierne con diseño de tubería de revestimiento, lo cual está afuera de este corto estudio de operaciones de perforación).

Otro método de estimar la resistencia que una torre debe tener debido a su carga muerta es suponer que debe soportar el esfuerzo necesario para romper el cable de perforación. De tablas se obtiene la última resistencia del cable, por ejemplo: un cable de 1 1/8" 6x19 grado J tiene 92.000 libras de última resistencia, entonces, si está encordado con 8 líneas entre la polea fija y la viajera la máxima carga muerta a la cual la torre puede ser sometida será de 736.000 libras. Los constructores de torres usan un factor de seguridad generalmente de 2 a 4 en el diseño de torres. De modo que la última carga a la cual una torre fallará es generalmente por lo menos el doble de la carga de seguridad especificada.

**Cargas debidas al viento.**—Las cargas impuestas por el viento sobre una torre deben considerarse en el diseño de torres. El A. P. I. especifica que las torres se deben diseñar para resistir la presión de un viento con velocidad de 70 millas/hora que desarrolla una presión horizontal de 11.76 libras/pie<sup>2</sup> sobre las superficies expuestas. Para calcular la superficie de la torre expuesta a la presión del viento, se supondrá que un lado soporta dicha presión en el lado exterior y en el lado opuesto en el interior. El A. P. I. especifica para el cómputo de la carga efectiva debida al viento, que el juego de perforación de un tamaño determinado está inclinado contra la plataforma del torrero 2 1/2° con respecto a la ver-

tical, cuando dicho juego de perforación está colocado en posición normal. Entonces habrá que considerar la carga del viento contra este juego de perforación, así como la componente horizontal del peso de la tubería que tiende a voltear la torre. De tablas especificadas por el A. P. I., se obtiene para los diferentes puntos standard de torres, la superficie que soporta el viento y la componente horizontal del peso del juego de perforación. sobre el piso de la torre y están aplicadas en una dirección horizontal con el piso de la torre y a una distancia de 36" desde el lado adyacente a la plataforma del torrero. La actual carga de presión debida al viento y aplicada sobre la superficie expuesta de la torre y del juego de perforación, se computa con la siguiente fórmula:

$$P = 0.0024 V^2$$

donde V es la velocidad supuesta o calculada del viento en millas por hora y P es la presión ejercida en lbs./<sup>2</sup> de área expuesta. Por ejemplo, un viento de 70 millas/hora desarrolla una presión

de  $70^2 \times 0.0024 = 11.7$  lbs./pie<sup>2</sup> de superficie expuesta. Algunos constructores diseñan las torres hasta para vientos de 120 millas/hora que desarrollan una presión de 34.56 libras/pie<sup>2</sup> de superficie expuesta.

La influencia de la presión del viento sobre la estructura es tratar de voltear la torre arrancando los pernos de anclaje de cada una de las cuatro patas aseguradas sobre la subestructura y ésta a su vez sobre las bases de concreto. Aunque una torre bien diseñada y construída aguantará la presión del viento, algunos operadores acostumbran atar la torre con 8 o 24 cables de  $\frac{3}{8}$ " esto es de 2 a 6 en cada pata de la torre, cables que van desde la corona de la torre hasta el suelo, generalmente 150 pies distante del pie de cada pata, proporcionando así mayor seguridad a la acción del viento.

El siguiente extracto de una tabla de A. P. I. muestra la superficie expuesta y la componente horizontal del peso del juego de perforación.

Alt. de la torre en pies	Long. sup. de la tub. colocada sobre el piso de la torre pies	Areas exp. a la presión ejercida por el viento		Comp. horz. de la carg. de viento libras	Carg. hrzt. del viento del carg. hoztal. debida al peso de la tubería. libras
		ancho	largo		
94	2.430	3' 11"	67' 6"	2.671	3.306
122	3.240	3' 11"	90' 0"	3.561	4.563
136	8.000	5' 8"	90' 0"	7.747	8.138

*Cargas combinadas.*—En el análisis de las cargas aplicadas sobre una torre usada en operaciones de perforación se debe considerar no sólo el peso de la torre misma y las cargas muertas que puedan suspenderse de la torre sino también las cargas vivas ocasionadas por fuerzas aplicadas en el manejo de equipo y en el proceso del trabajo. La carga muerta de la torre es grande en sí misma, así para una torre de 136' es de 30.000 a 50.000 libras. Una columna larga y de diámetro grande de tubería de revestimiento suspendida en el pozo puede imponer cargas hasta de 300.000 libras a las cuales se debe agregar por lo menos un 25% o sea 75.000 libras para cubrir la fricción si es que la columna de la tubería tiene que levantarse. Extrayendo tubos de revestimiento o tubería de perforación del pozo que se encuentre pegada por algún motivo un esfuerzo adicional puede imponerse desde el malacate de talvez

20.000 libras que multiplicado por tantas líneas de cable que estén pasando por las poleas, si son 11 serán  $11 \times 20.000 = 220.000$  libras. Esta carga talvez es aplicada rápidamente y por lo tanto produce esfuerzo de impacto para el cual hay que usar un alto factor de seguridad. Aunque la carga del viento es generalmente considerada aplicada en ángulo recto a un lado de la torre es resuelta en esfuerzos de compresión sobre 2 de las patas de la torre. Por ejemplo si suponemos una presión de 30 lbs./pie<sup>2</sup> aplicada sobre dos lados de la torre sobre una área total de 245 pies<sup>2</sup> para cada lado y sobre un juego de perforación que presenta un área adicional de 360 pies<sup>2</sup> la presión del viento sola, puede ejercer un esfuerzo de 30.000 libras, esta es una carga de impacto también ya que puede aplicarse repentinamente.

La suma de estas diferentes cargas pueden alcanzar totales sorprendentes si se aplican simul-

táneamente y si factores apropiados se usan para evaluar el esfuerzo de impacto verdadero. Se considera que las cargas de impacto desarrollan esfuerzos tan grandes como 4 o 5 veces la fuerza total ejercida. Los diagramas de esfuerzos resultantes de las cargas de la polea viajera y esfuerzos inducidos por la operación del equipo mecánico son complejas creando problemas difíciles aún para los ingenieros diseñadores de torres.

*Diseño de varias partes de las torres.*— Una vez determinada la máxima carga muerta a la cual una torre va a ser sometida, la sección transversal misma necesaria de las patas se determina dividiendo la carga total por 4 y sustituyendo este valor para P en la ecuación (1):

$$\text{si } \frac{L}{r} \text{ no es mayor de } 60$$

$$\frac{P}{a} = 15.000$$

(2) si la razón  $\frac{L}{r}$  es mayor de 60

$$\frac{P}{a} = \frac{18.000}{1 + \frac{L^2}{18.000 \times r^2}}$$

en donde P es la carga de compresión total en libras sobre una pata de la torre.

a: es la sección transversal de la pata de la torre en pul<sup>2</sup>.

L: es la longitud del elemento de pata entre puntos de entrepaños adyacentes en pulgadas.

r: es el correspondiente mínimo radio de giro de la sección transversal de la columna.

El A. P. I. prescribe que para los miembros principales de compresión de una torre el valor

de  $\frac{L}{r}$  no excederá de 120. La razón  $\frac{\text{ancho}}{\text{espesor}}$

del ángulo estructural para la pata no debe exceder de 16 a 1.

Para otros miembros secundarios como los diagonales en una torre  $\frac{L}{r}$  puede ser tan gran-

de como 200. También el A. P. I. prescribe que las torres deberán construirse con acero estructural que tenga un "yield point" (punto de cedencia) de no menos de 33.000 libras/pulg.<sup>2</sup>. Todas las partes de la torre deben estar proporcionados de modo que no excedan los siguientes valores en libras/pulg.<sup>2</sup>

	Acero estruc. A. S. T. M. A-7 lbs/pulg. <sup>2</sup>	Acero estruc. Silicio A. S. T. M. A-94 lbs/pulg. <sup>2</sup>
Miembros en tensión .....	20.000	27.300
Ribetes .....	15.000	
Miembros en compresión:		
L/r hasta 60 .....	15.000	20.800
L/r mayor que 60 .....	18.000	27.000
Miembros sometidos a esfuerzos de dobladura:		
Tensión en las fibras exteriores .....	20.000	27.300
Compresión e las fibras exteriores .....	22.500	30.700
Miembros sometidos a esfuerzos de cizalla:		
Ribetes, pernos, tornillos, etc. ....	15.000	

En la corona de la torre van dos vigas que soportan la polea fija, estas vigas deben tener una resistencia adecuada para soportar la carga impuesta por dicha polea fija. Con la siguiente fórmula se puede calcular la capacidad de carga de seguridad de las vigas de la plataforma de la polea fija.

$$W = \frac{12M}{L} = \frac{12 (S_m) (f_c)}{L}$$

En dicha fórmula W es la carga de seguridad de las dos vigas en libras. Este tiene un valor máximo de 570.000 libras.

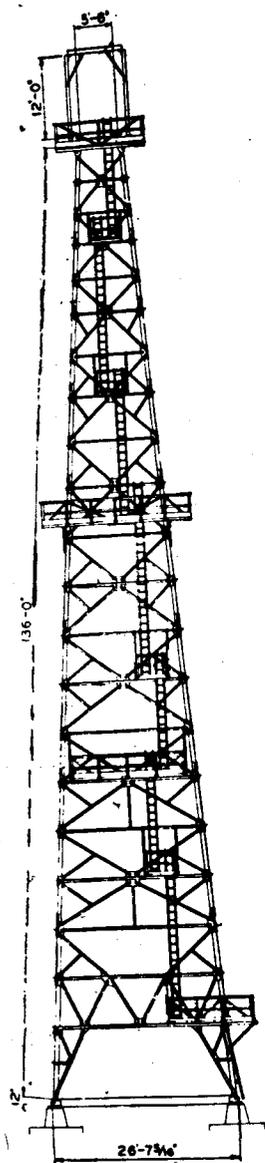
M = momento de dobladura en lbs-pulg.

L = distancia entre el eje neutro de las patas en el fondo de las dos vigas o entre los ejes de carga si la torre es reforzada, en pulg.

S<sub>m</sub> = sección de módulo de una de las vigas.

f<sub>c</sub> = esfuerzo unitario permisible sobre las fibras exteriores de las vigas.

A continuación se ilustra un diagrama en que se muestra la distribución de los miembros de compresión y de tensión en una torre de perforación.



TORRE STD. DE ACERO DE 136' (A. P. J.)

*Bases para torres.*—Las bases para una torre de perforación deben ser rígidas y fuertes. Estas pueden ser de madera o de concreto, pero las más usadas son las de concreto especialmente para torres y equipos diseñados para pozos profundos donde las bases van a soportar cargas pesadas. El tamaño de las bases se determina, luego que se ha hecho una inspección del terreno so-

bre el cual la base va a descansar. Así por ejemplo, suelo de aluviones es capaz de soportar cargas de solamente 1.000 lbs./pie<sup>2</sup>; arcilla blanda o arena húmeda, 2.000 lbs./pie<sup>2</sup>; tierra firme y seca 5.000 lbs. por pie<sup>2</sup>; arena compacta y grava 10.000 lbs./pie<sup>2</sup>; roca 30.000 lbs./pie<sup>2</sup>; entonces el total de la carga muerta y de la carga viva que soportará la torre dividida en cuatro partes iguales para cada pata será la carga con la cual se calculará el área de base para cada una, de acuerdo con la naturaleza del suelo.

Es muy importante que las bases sean absolutamente rígidas y tal que no cedan pues si una esquina cede bajo esfuerzos la carga total se reparte sobre las dos patas adyacentes, por lo cual puede resultar una falla de la estructura. La mayoría de las torres que fallan son a causa de la desigualdad de cargas sobre las patas de la torre con hundimiento de alguna parte de la estructura sometida a esfuerzo. Las bases de madera tienen mayor flexibilidad y ceden sin fallar; no así las bases de concreto requeridas para equipo pesado.

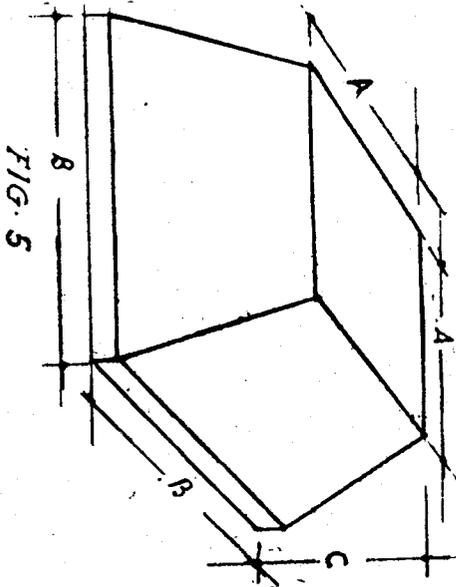
Para pozos profundos donde se manejarán largas columnas de tubería revestidora los fundamentos de concreto son los usados. Estas bases proporcionan mayor seguridad a la rotura de la estructura, mayor resistencia a la putrefacción y mejor distribución del esfuerzo entre todas las partes de la estructura, aseguran una mayor duración de la torre, menor costo de sostenimiento, y lo más importante de todo, mayor seguridad para el personal. Los bloques de concreto para las bases deben diseñarse y construirse con sumo cuidado de tal manera que la superestructura pueda erigirse sobre ellos sin distorsión con firmeza y sin ceder a las máximas cargas que soportará. Si el sitio seleccionado para perforar es en el lado de una colina, se aplanará el sitio lo suficiente antes de construir las bases. A no ser que el piso de la torre fuera a estar alto encima del nivel del terreno un sótano debe cavarse para colocar después, los "Impide-reventones", (B. O. P.). Las esquinas y la línea central de la planta perforadora se marcan en el suelo y los niveles son exactamente determinados con instrumentos y métodos topográficos.

La mezcla de concreto para las bases deben medirse cuidadosamente, un pie cúbico de un buen cemento por dos de arena y por tres y medio de cascajo de ¼ de pulgada a 2" mezclados con 7 galones de agua, constituye una mezcla adecuada para dichas bases. Una vez mezclada se agrega en las formaleas cuidando de que no haya segregación de los materiales. Si se desea erigir la torre y el resto del equipo tan pronto como fuere posible se puede usar menos agua en

la mezcla o más cemento o un acelerador tal como se  $\text{CaCl}_2$  que agregado al concreto apresura su fraguado. Concreto preparado en esta forma desarrollaría una resistencia a la compresión de no menos de 1.000 lbs/pulg.<sup>2</sup> en 7 días y no menos de 2.000 lbs/pulg.<sup>2</sup> en 28 días.

Naturalmente, el diseño de las bases de concreto para las plantas perforadoras varía con el tipo de planta, con el tamaño y peso del equipo que se determina por la profundidad a la cual se propone perforar, por la naturaleza del terreno, carácter del suelo, costumbre de la región y preferencia del operador.

A continuación se ilustra un bloque de concreto de base para torre, así como algunas de las dimensiones usadas para dicha base en torres de tamaños standard y para suelos que soporten 3.000 lbs/pulg.<sup>2</sup>.



El A. P. I., recomienda la forma del bloque ilustrado en la figura, para torres y bases para equipos de plantas perforadoras pesadas. El volumen indicado en la tabla adjunta con referencia a esta figura, es para cada bloque de concreto-base. Las dimensiones dadas en la tabla se basan en un suelo de 3.000 lbs/pie<sup>2</sup> de resistencia y para un viento de 70 millas por hora.

La siguiente fórmula puede usarse para computar la altura de las bases de concreto:

$$\text{Altura} = \frac{(\text{área de la base} - \text{área de la placa de acero encima del bloque}) \times (\text{carga total sobre una esquina})}{(4 \times \text{área de la base}) \times (\text{resistencia o cizalla del concreto})}$$

La resistencia de la cizalla del concreto masivo puede suponerse 7.200 lbs/pie<sup>2</sup>.

*Sub-estructuras de las torres.*—Los constructores de torre construyen también sub-estructuras standards para éstas. Las sub-estructuras son de tal modo diseñadas que pueden fácilmente desarmarse y transportarse a cualquier otro lugar con todo el equipo de la planta perforadora. Se adaptan a varios suelos y distintas topografías de terreno, y algunas veces se pueden erigir directamente sobre el terreno sin necesidad de soportes de concreto o de tabloncillos. Cuando estas sub-estructuras soportan la torre bastante encima sobre el nivel del terreno no hay necesidad de cavar para hacer el sótano donde se colocan más tarde los impide-reventones. Naturalmente casi siempre hay que nivelar el terreno donde se va a instalar la planta perforadora para así tener una superficie lisa adecuada para colocar la sub-estructura de la torre y el resto del equipo. Las sub-estructuras de acero son las más usadas porque resisten la acción de la humedad, tienen mayor durabilidad, son más fuertes, proporcionan bases más firmes y presentan menos peligro al fuego que las sub-estructuras de madera.

El A. P. I. reconoce dos tipos standard de sub-estructuras de acero. El tipo "A" está diseñado para el uso con 6 bloque-bases. La función de los bloque-bases es prevenir el agrietamiento o derrumbe alrededor de la cavidad que se abre en el suelo y en medio de las cuatro torres para colocar después los impide-reventones. El tipo de sub-estructura "B" se diseña para colocarse sobre cuatro bloque-bases. Este tipo también se usa con un sótano o cavidad más o menos profundo según el equipo de impide-reventones escogidos. Las dimensiones de la sub-estructura han sido standardizadas para sub-estructuras diseñadas para torres de 24 — 26 — y 30 pies de base cua-

#### DIMENSIONES DEL BLOQUE

Tamaño de la torre	Dimensión A	Dimensión B	Dimensión C	Volumen de concreto en yds. <sup>3</sup>
122' × 24'	A × A 2' 0" sq.	B × B 8' 9" sq.	3' 9"	4½
94' × 24'	1' 9" sq.	7' 9" sq.	3' 3"	3
87' × 24'	1' 9" sq.	7' 9" sq.	3' 3"	3

drada. En cada caso la altura es de 7' 3". La sub-estructura comprende dos partes: los soportes de la torre que constan de cuatro postes en cada esquina y las vigas y postes intermedios necesarios para soportar la mesa rotatoria y el juego de perforación cuando están fuera del pozo. La capacidad combinada de las cuatro columnas en las esquinas para torres de 26 y 30 pies cuadrados de base debe ser un mínimo de 950.000 libras, para las de 24 pies cuadrados, un mínimo de 700.000 libras de capacidad. Para los dos tamaños mayores (26 y 30) son diseñadas para soportar un peso de tubería revestidora de 450.000 libras y un peso de 200.000 libras de tubería de perforación.

También se construyen sub-estructuras para sostener o soportar los motores "Diesel" o las máquinas de vapor según sea que la perforadora use energía diesel o vapor. Estas sub-estructuras consisten de un grupo de vigas en "T" estructurales, soportadas como antes dije, por postes cortos estructurales de acero también en "T" formando un conjunto rígido para soportar el equipo pesado. Generalmente esta sub-estructura es de la misma altura que la de la torre, aunque en algunas otras perforadoras está a un nivel un poco más bajo.

## ENERGIA Y SU TRANSMISION

La energía consumida en una planta perforadora se usa principalmente en:

- 1°)—Para rotar la columna de perforar;
- 2°)—Para operar las bombas que circulan en fluido de perforación; y,
- 3°)—Para extraer del pozo la columna de perforar. Los dos primeros usos de la energía son simultáneos mientras que cuando se extrae o se introduce la tubería, esto es el tercer uso de la energía, los otros dos no están consumiendo energía. Hay otros consumos auxiliares de energía en una planta de perforar pequeños en comparación de los antes enumerados, por ejemplo energía para vibrar las cribas, para mezclar lodo, para el alumbrado de la planta en la noche, para la bomba de cemento, etc.

Una perforadora portátil diseñada para taladrar hasta 3.500 pies puede suministrársele energía con un solo motor Diesel de 275 H. P. mientras que una perforadora pesada diseñada para taladrar hasta 10.000 pies, necesita de 1.000 a 3.000 H. P. En una de las más grandes perforadoras diseñadas para taladrar hasta 20.000 pies, se usan cinco calderas de 130 H. P. cada uno y con una entrega de vapor de 500 libras. Las más grandes máquinas de vapor usadas en perforadoras pesadas de 15"×14" son capaces de entregar

1.950 H. P. con 500 libras de vapor a 250 revoluciones por minuto. Perforadoras diseñadas para 12.000 pies con energía de motor Diesel generalmente usan 5 motores de 275 H. P.

La energía se suministra o con calderas de vapor o con motores Diesel o con motores eléctricos o con motores de gas. Las calderas de vapor se usan bastante por la flexibilidad en velocidad y en torque lo que es propio a la máquina de vapor. Con todo, el desarrollo de las máquinas de combustión interna y en particular de los motores Diesel y de los mecanismos de transmisión de energía han permitido adoptárseles plantas de perforación especialmente donde los costos del agua y de los combustibles son altos.

Los motores eléctricos de diseño especial, con sistemas apropiados de resistencia y trabajando a través de adecuados sistemas de transmisión de energía proporcionan la flexibilidad necesaria en una perforadora y donde la energía eléctrica es barata estos motores se usan con rendimiento.

Los motores de gas se usan especialmente en campos de petróleo en producción y que tienen perforación a la vez, o sea donde tienen el gas disponible fácilmente.

*Plantas de vapor.*—Lo más importante en éstas es tener un buen suministro de agua y de combustible. Como antes se dijo una perforadora para pozos profundos (10.000 pies) con 5 calderas de 125 H. P. y 350 libras de vapor cada una es suficiente para suministrar la energía. Si el combustible usado es gas natural de 1.000 B. t. u consumirá 750.000 pies cúbicos de gas/día. Trabajando con sobrecarga las cifras dichas pueden ser 2 o 3 veces más.

Todos los esfuerzos que se hagan por aumentar la eficiencia de operación así como la economía en el uso de energía en una perforadora movida a vapor es de valor apreciable y se debe prestar atención seria. Una combustión eficiente del combustible, frecuente limpieza de los tubos de la caldera suministro automático del combustible y niveles reguladores de agua, precalentamiento del agua para la caldera, sobrecalentamiento del vapor, diseño apropiado y aislación de las líneas conductoras del vapor para reducir la presión y las pérdidas de calor así como la operación a velocidades que permiten la realización de la máxima eficiencia de la caldera resulta en importantes economías de operación.

La planta de vapor debe instalarse en cuanto sea posible a un nivel más bajo y en el lado hacia donde sopla el viento predominante y a unos 75' o mejor 150' distante del pozo.

Muchas clases de calderas se usan, pero solamente describiré someramente una de las más usadas por su fácil portabilidad y es la de tipo

locomotora, en la cual la cámara de agua aislada con material refractario está ribeteada directamente con la cubierta de la caldera. Este tipo de caldera es muy usado especialmente para servicio temporario porque requiere menos material refractario y puede moverse e instalarse en una nueva localidad en corto tiempo, por lo tanto, es

muy útil en las perforaciones de exploración, en la que el equipo se está transportando de un lugar a otro en períodos de tiempo corto.

En la siguiente tabla tomada de especificaciones dadas por el A. P. I., se tabulan pesos, tamaños y dimensiones de las calderas tipo-locomotoras más usadas en perforadoras a vapor.

	86 H. P.		104 H. P.		125 H. P.	
Presión de trab. lb/pg <sup>2</sup>	250	300	250	300	250	300
Superficie de calentamiento pies <sup>2</sup> (A. S. T. M.)	860	860	1.040	1.040	1.252	1.252
Longitud de caldera	18' 8½"	18' 8½"	22½"	22½"	24½'	24½'
Altura de la caldera	9' ¾"	9' ¾"	10' 10"	10' 10"	11'	11'
Ancho de caldera	5' 2"	5' 2"	5' 2"	5' 2"	5' 2"	5' 2"
Peso completo de la caldera en libras.	21.300	23.325	27.000	29.000	30.000	33.000

El consumo de agua para las calderas varía de 1.000 a 2.000 barriles por 24 horas que depende de la capacidad en las calderas y de los requisitos de vapor. Para condiciones promedias un pie cúbico de agua por hora se necesitará por cada H. P. de la caldera que permite 10 pies<sup>2</sup> de superficie de calentamiento por cada H. P. Todas las aguas de la superficie contienen más o menos sólidos en suspensión, materia orgánica, ácidos y sales disueltas que tienden a acumularse en las calderas formando costras, por lo cual, el agua de la caldera debe tratarse para coagular los sólidos suspendidos y reducir la tendencia a formar costras. El agua que se suministra a las calderas, como es de suponerse debe forzarse dentro de la caldera a una presión por encima de la presión de vapor de la caldera, para lo cual, dos bombas alimentadoras de agua se usan de 10" × 4½" × 10". Estas bombas trabajan con vapor y están provistas generalmente de un intercambiador de calor para precalentar el agua que va a la caldera. El vapor usado en varias unidades que trabajan a vapor en la perforadora se le pasa por este precalentador de tal manera que también sirve como un condensador del vapor utilizado. Así que la inyección del agua puede mantenerse a 175 — 200°F, reduciendo el trabajo de las calderas como también eliminando algunas de las sustancias extrañas que lleva el agua antes de entrar a la misma. Este precalentamiento puede ahorrar tanto como un 22% del consumo del combustible.

Las instalaciones modernas de calderas en los campos de petróleos están equipadas con gober-

nadores de bombas automáticos que regulan la velocidad de las bombas para mantener un nivel de agua en las calderas adecuado. Por inspección visual las calderas están equipadas también con niveles de agua en donde se puede ver el nivel del agua dentro de la caldera y para mayor seguridad una alarma puede instalarse para indicar cuando el agua está en un bajo nivel de peligro. Cada caldera debe estar provista con una válvula de seguridad de tal manera que descargue la presión de la caldera cuando aquella es excedida de un valor determinado. Esta máxima presión será aquella para la cual el diseño y condición de la caldera proporcione un amplio factor de seguridad.

*Capacidad y eficiencia de las calderas.*—El A. P. I. establece para las calderas usadas en los campos petroleros que deberán especificarse sobre la base de un H. P. por cada 10 pies cuadrados de superficie metálica de calentamiento actualmente en contacto con los gases calientes en un lado y en el otro con el agua. Esta superficie se supone capaz de evaporar 34,5 libras de agua por hora a 212°F. Actualmente la cantidad de calor absorbida es altamente variable, depende de la cantidad de combustible que pueda quemarse, la eficiencia de la combustión, la rata de transmisión de calor que a su vez varía con el espesor del metal, pérdidas de radiación y conducción y la cantidad de sedimento o costra pegada a la superficie metálica.

Las libras de vapor por hora se calculan con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$W = \frac{Q \times E}{H - h}$$

W : número de libras de vapor generado por hora.

Q : es el calor producido por la combustión del combustible, B. t. u/hora.

E : es la eficiencia de toda la planta completa de las calderas.

H : es el contenido de calor generado a la presión observada y temperatura sobre 32°F en B. t. u/libra.

h : es el contenido de calor del agua suministrada a la caldera a 32°F, en B. t. u. por libra.

La eficiencia de combustible en una caldera es convenientemente indicada por análisis de flujo de los gases y registrando su temperatura. La temperatura dentro de la chimenea en una caldera a condiciones normales de operación es usualmente 700°F. Temperaturas más bajas que ésta indican que se está usando más aire que el necesitado para una combustión eficiente, temperaturas más altas indican que más combustible está siendo quemado del que puede eficientemente manejarse y utilizarse con el arreglo de caldera existente.

*Transmisión de vapor.*—La economía y efectividad de energía de vapor están influenciadas en una gran parte por el diseño y carácter de la tubería de vapor. A no ser que las tuberías estén protegidas contra el calor de radiación las pérdidas de energía resultarán, por la condensación del vapor y consecuente pérdida de presión. En largas líneas de vapor debe ser de sección adecuada para acomodar el volumen de vapor que debe transmitirse sin resistencia friccional excesiva.

para líneas de vapor cortas de 50 a 100' de largo el área seccional de la tubería principal de vapor debe ser de  $\frac{1}{15}$  del área del pistón que va a ser conducido. El tamaño de la tubería debe también ser proporcional a la máxima demanda posible y que naturalmente estará en exceso de la demanda promedio. Cuando el tamaño de la tubería aumenta, las pérdidas de radiación aumentan, cuando decrece la pérdida por fricción crece. De tal manera que en ambos casos resulta una pérdida de presión. En la práctica moderna las velocidades de vapor de 6.000 a 15.000'/minuto a través de la tubería de transmisión principal no son escasas. En el flujo de vapor a través de la tubería es gobernada por las leyes hidráulicas que se aplican a todos los fluidos. Las pérdidas de radiación en la tubería de vapor con consecuente condensación no puede

evitarse enteramente, pero pueden ser reducidas grandemente aplicando aisladores adecuados sobre la tubería. Mezclas de asbesto y carbonato de magnesio son aisladores bastante eficientes. Por ejemplo tubería sin aislamiento radiará aproximadamente 3 B. t. u/hora-pie<sup>2</sup> de superficie expuesta para cada grado F. de diferencia en temperatura entre el vapor y el aire externo. Esta cifra se puede reducir hasta 0.3 ó 0.4 para las mismas condiciones aplicando 1½" de material aislante sobre la tubería.

Una perforadora a vapor es convencionalmente equipada con máquinas de dos cilindros de vapor para operar el malacate y la mesa rotatoria y dos bombas duplex a vapor, de modo que así hay 6 cilindros para suministrarles vapor. Hay otros arreglos como por ejemplo, la máquina para operar o accionar el malacate y la mesa rotatoria puede ser una con tres cilindros, etc. Una perforadora pesada puede usar una máquina para el malacate y pequeñas turbinas de vapor para las cribas de lodo y un generador eléctrico para el alumbrado de la planta. Las bombas para suministrar el agua a las calderas y el combustible (si usa aceite) y combustible para los quemadores de la caldera son accionados con vapor también.

Las perforadoras movidas a vapor tienen mayor flexibilidad y torque, cuestan menos y se operan con menos gastos que las perforadoras movidas por medio de máquinas de combustión interna. Con todo, últimamente con los progresos de los nuevos sistemas de transmisión de energía las máquinas de combustión interna se están usando bastante para mover las perforadoras. Por ejemplo, los motores Diesel habrá que usarlos con preferencia a las calderas de vapor donde el agua es cara o escasa o inadecuada para las calderas y donde el combustible es escaso, porque estos motores Diesel consumen poco combustible y poca agua se necesitan para refrigerarlos. Además los tamaños pequeños son compactos, fácilmente transportables, y pueden instalarse y moverse de una localidad a otra en menos tiempo que las máquinas a vapor.

Existen innumerables tipos y clases de máquinas de combustión interna, uno de los más usados en las perforaciones hechas en Colombia en los dos últimos años, son motores Diesel de dos cilindros, 6 cilindros de 8¾" de diámetro por 9½" de carrera que desarrollan 240 H. P. a 60 R. P. M. cada uno de estas máquinas pesa 18.500 libras. Son movidos con A. C. P. M. como combustible y lubricados con aceite común. Para iniciar el encendido se usa aire que viene de un compresor movido con un pequeño motor de gasolina instalado a una distancia conveniente de

los motores. Termodinámicamente los motores Diesel son los más eficientes con eficiencias térmicas tan altas como 37%. El combustible se inyecta en forma atomizada a presiones altas directamente dentro del aire calentado y altamente comprimido dentro del cilindro del motor.

En una de las perforadoras más grandes capaces de perforar con tubería de 4½" hasta 13.000 pies, el malacate y la mesa rotatoria son accionados con 4 motores de 6 cilindros cada uno entrega 282 H. P. a 900 R. P. M. Dos de estos mismos motores se usan para accionar las bombas del fluido de perforación. Generalmente estos motores tienen filtros para el lubricante y para el combustible.

Los motores eléctricos para accionar perforadoras aun no están muy usados porque son de diseños muy especiales y por lo tanto muy costosos. Únicamente se usan en una planta perforadora dos motores eléctricos de 2 H. P. para mover las cribas. La corriente les llega de la misma planta de corriente eléctrica usada para el alumbrado de la planta, esta consiste en un motor Diesel de 240 H. P. acoplado a un generador eléctrico.

*Mecanismos de transmisión.*—Cuando se usa vapor para accionar el equipo de perforación (malacate, bombas, etc.), no se necesita ningún mecanismo de transmisión por lo general. Pero cuando se usan máquinas de combustión interna por ejemplo motores Diesel hay necesidad de usar mecanismo para transmitir la energía de los motores a la mesa rotatoria o al torno de izaje, o las bombas porque es necesario reducir la velocidad para lo cual se usan cadenas y ruedas dentadas, correas y poleas o engranaje.

Todos los aparatos de transmisión de energía necesitan ejes de acero y debe emplearse en cada caso el eje de tamaño y resistencia adecuada. En la determinación del tamaño propio de un eje para transmitir energía hay que considerar esfuerzos torsionales y de dobladura que dependerán de los H. P. que se van a transmitir, de la distancia de las ruedas dentadas, poleas o engranajes desde los ejes de soportes y de la fuerza de tracción de la correa o cadena, así como del peso de las poleas, engranajes, etc. El eje puede proporcionar una unión directa entre la máquina conductora y la conducida caso en el cual ambas están montadas sobre el mismo eje y rotan a la misma velocidad o de dos ejes paralelos pueden proporcionarse para transmitir movimiento del uno al otro por medio de poleas y correas, ruedas dentadas y cadenas o engranajes. En este último caso usando poleas, ruedas dentadas o engranajes de distintos tamaños la velocidad del eje conductor puede diferir de la del eje conducido. Balineras para soportar los ejes son de gran impor-

tancia. Para transmitir energía con equipo pesado, balineras de rodillo se usan especialmente. A veces para proteger el eje conductor contra esfuerzos debidos a vibración a cargas de impacto, etc. se usan dos ejes unidos extremo a extremo unidos por un acoplamiento flexible. Varios tipos de acoplamiento flexible se conocen como uniones universales, acoplamientos a disco, etc. Los embragues se emplean para poner en movimiento o desconectar la máquina del mecanismo transmisor y los embragues de reversa para revertir el movimiento. Las perforadoras modernas usan varios embragues en su diseño y un embrague principal para desconectar el malacate de los motores. Esto con el objeto de facilitar el encendido del motor libre de su carga normal.

Las bombas generalmente son movidas a través de correas o bandas desde una polea sobre el eje conductor. Tales poleas y bandas se construyen en forma de "V" y se llaman poleas y correas en "V".

Un engranaje conductor que va en el eje-piñón que conduce la mesa rotatoria y un engranaje reductor de velocidad se usan generalmente entre la fuerza conductora y la máquina perforadora.

Las cadenas que se usan pueden ser sencillas o dobles o triples, etc. Se construyen de distintas aleaciones de acero. Las hay hasta con resistencia a la rotura de 185.000 libras. Las ruedas dentadas diseñadas para operar con cadena se construyen de acero forjado, tienen por lo menos 15 dientes y la razón de la velocidad recomendada entre el eje conductor y el eje conducido es de 8 a 1. La cadena debe tener por lo menos 12° de contacto con la rueda dentada.

Las cadenas en operación se deben lubricar con aceites livianos o medios para reducir fricción, ruido, desgaste, en los rodillos pasadores, y en las ruedas dentadas. Deben siempre estar cubiertas con láminas de acero como seguridad para el personal.

*Engranajes.*—La máquina de combustión interna y los motores eléctricos operan a velocidades demasiado altas para poderlos usar directamente para mover el equipo de perforación. Para reducir la velocidad rotacional a las apropiadas para mover la mesa rotatoria, el malacate, o las bombas, se usan reductores de velocidad colocados entre el motor y el equipo que se va a operar.

Un reductor o engranaje típico comprende dos engranajes helicoidales encerrados en una caja de acero con acoplamiento flexible para conectar con el eje del motor. Sobre el eje del motor está montada una rueda dentada que es operada por una cadena doble que va al malacate. Los engranajes

dan una reducción de velocidad de 3.12 a 1 entre los ejes conductor y conducido. El reductor está equipado con balineras de rodillos, este engranaje de reducción es capaz de transmitir energía desde 250 H. P. a. c. motor eléctrico. Tal reductor pesa 10.000 libras.

*Distribución de la energía de los motores.*—Las perforadoras diseñadas para taladrar hasta 12.000 pies necesitan emplear varios motores y la energía de éstos, habrá que distribuirla en la planta perforadora según las necesidades. Por ejemplo, en algunas de las perforaciones hechas en el país se han utilizado 6 motores Diesel de 240 H. P. c/u., marca CUMMINS L I 600, de estos 6 motores, 3 instalados sobre la sub-estructura para los motores y sus ejes conectados por medio de acoplamientos flexibles y embragues de fricción para poder conectar uno de los ejes de los motores con cualquiera de los otros o dos ellos sobre uno de los cuales va una polea con sus correas en "V" para accionar una de las bombas que se usan para circular el lodo a través del pozo. Sobre uno de ellos van ruedas dentadas con una cadena triple que transmite movimiento al malacate, consiguiendo así una flexibilidad

en el uso de la energía obtenida de los tres motores, en forma tal que se podrán utilizar, o dos de los motores para la bomba y uno para actuar el tonor de izaje del malcate y la mesa rotatoria que es la manera más usual de emplear la energía cuando se está perforando, o usar dos de los motores para el malacate y la mesa rotatoria y el tercero para la bomba o también, emplear los tres motores para el malacate que es como se utilizan cuando se está extrayendo la tubería del pozo para cambio de broca o cualquier otra necesidad.

De los 6 motores, 3 se conoce su uso, ahora los otros se usan: dos para accionar otra bomba de circulación de lodo, estos dos se conectan entre sí por medio de cadenas de transmisión y sobre uno de ellos va la polea con sus bandas en "V" para mover la segunda bomba de circulación. El último motor se usa para accionar otra bomba más pequeña que sirve para mezclar y agitar lodo, para bombear lodo al o del tanque de almacenamiento de lodo, para secar el sótano donde van los impide-reventones por medio de un succionador instalado en dicho sótano, etc.

(Continuará)



# NOTAS SOBRE EL PLAN CURRIE

Por J. Emilio López

Especial para "INGENIERIA QUIMICA"

**PLANIFICACION.**— Sistema relativamente nuevo dentro de la historia de la Economía, principalmente la dirección integral de la coyuntura financiera. Primeramente ensayado por pueblos de regímenes totalitarios (Alemania, Italia, Rusia), empieza a tener curso en las democracias, Estados Unidos, Argentina, Méjico, Colombia.

La planificación como sistema ideal, de resultados asombrosos, está intimamente ligada al sistema económico de la "Economía Dirigida", de perfecta vigencia y contenidos precisos, en los pueblos y Estados absolutos. Es una verdad arrancada de la experiencia

En las democracias, de tipo intervencionista (hoy la mayoría de los pueblos del mundo), es decir, que se desenvuelven económicamente en un equilibrio entre el excluyente liberalismo económico y un necesario y mínimo socialismo, la planificación no es imposible, pero sus resultados son menos inmediatos, especialmente por el respeto que el Estado consagra a la libre actividad económica.

Lo que en los Estados absolutistas se hace como alto fin Nacional y muchas veces hasta por la fuerza, en las democracias tiene que surgir del libre convencimiento popular, en los beneficios de tal planificación.

Todos estos hechos son tenidos muy en cuenta por la misión.

Es esta la historia de la operancia lenta y aún de fracasos parciales, en los célebres planes, argentinos, mejicanos y del plan Quinquenal Colombiano (Ley 5ª de 1945).

Sin embargo, la planificación total o parcial, es nota característica de la Economía moderna y en su bondad están acordes las más antagónicas escuelas económicas.

Planes de post-guerra White y Keynes, para regular principalmente los cambios monetarios multilaterales; Plan Marshall, para la recuperación de las naciones y sus niveles de vida y muchos otros.

En la Conferencia mundial de Bretton Woods en 1944, nacieron dos Instituciones universales célebres, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y el Fondo Monetario Internacional. (Su estudio completo lo hice en el N° 27 de la Revista "Estudios de Derechos").

Pues bien; entre los fines esenciales y estatutarios del Banco, figura precisamente, la planificación integral de las economías de los Estados Miembros.

El primer ensayo del Banco en tal sentido, es el que acaba de realizar en Colombia, a iniciativa de nuestro representante en esa Institución, acogida sin reservas y con sumo entusiasmo, por el Gobierno. De manera que al éxito del Plan está bien ligado el prestigio de esa Institución Mundial, cuya seriedad y técnicas, auguran éxito.

**PLAN CURRIE.**—El señor Lauchin Currie, fue comisionado por el Banco de Reconstrucción y Fomento, para hacer un estudio completo de la Economía Colombiana y proponer las recomendaciones del caso.

No es sólo un individuo el autor del estudio, aunque sobre él pesa la responsabilidad de la dirección. Durante un año se trabajó en Colombia, en asocio de autoridades mundiales en las diferentes materias objeto del plan, Economistas, Financistas, Técnicos en Bancos, Moneda, Transportes, Industria, Higiene, Combustibles, procedentes del Departamento de Estado Americano, Departamentos económicos de universidades, del Fondo Monetario Internacional, en asocio de técnicos colombianos del Banco de la República, ferrocarriles Nacionales, etc Ahondaron, hasta donde el tiempo y las circunstancias lo permitieron, en el estudio integral de la coyuntura estática y dinámica, económico-política colombiana.

El Plan, sus bases y recomendaciones, no se pueden considerar como algo inflexible y definitivo, deberá ser sometido a los ajustes que la experiencia de su desarrollo, vaya indicando En varios aspectos, Educación e Higiene, apenas será, en los cinco años, una experiencia, para acometer el problema en circuito más amplio y en escala superior

Se orienta esencialmente a un vértice común, **ELEVAR EL NIVEL DE VIDA DEL PUEBLO COLOMBIANO**, dentro de recomendaciones concretas, todas ellas interdependientes y orientadas hacia ese fin único

Sus propósitos son, pues, altamente benéficos, aunque muchas de las afirmaciones y problemas

que presume haber hallado, son temas de vieja discusión nacional.

Hay infinidad de temas técnicos, estadísticos, económicos, humanos, que se pueden discutir y aún refutar, pero dada la brevedad de este ensayo, no pretendo aquí otra cosa que un enunciado, panorámico, con el mínimo de cifras, sobre los temas del plan, cuyo estudio completo y comparativo acometeré en el futuro.

Comparto la afirmación de la Misión, en el sentido de nuestro atraso económico, desde la Conquista hasta el año de 1900. Sin embargo, haciendo la salvedad de que muchos de los adelantos económicos de este siglo, tienen su origen, en la revolución económica de mediados del siglo pasado, época en que empezó la independencia económica colombiana, en cuya lucha todavía nos encontramos.

Efectivamente, en estos últimos 50 años, la población se ha triplicado; las finanzas públicas han pasado de 4 a 300 millones de pesos, luego el Estado, con sus crecientes necesidades y la Economía en progreso, marchan paralelos. Las disponibilidades de Colombia en el Exterior, divisas, se han quintuplicado en dólares en sólo 12 años últimos. La concentración humana en ciudades, es extraordinaria.

Sorprendente es el avance nacional, en cuanto al desarrollo de fuentes de energía, carbón, gas, petróleo y potencial eléctrico.

La agricultura se mueve a un ritmo halagador, pues poseemos todos los cultivos y todos los climas.

Como problemas fundamentales de Colombia para resolver, están el de la Colonización del Amazonas y el Orinoco Colombianos. El plan no los menciona siquiera; problemas de migración; crecido analfabetismo, 45% de la población; baja duración media de la vida, 40 años, en relación con 70 de otros pueblos. Pésima dieta del colombiano, especialmente escasa en alimentos "Protectores", leche, queso, huevos, mantequilla, frutas etc.

Profundo desequilibrio entre los departamentos nacionales de consumo y los mismos de capital, que se traduce en injusto reparto de las riquezas, de la renta nacional, que determinó en 1947 en que de la renta nacional evaluada en \$ 3000 millones, correspondiera el 34% a un grupo adinerado que representa el 1% del total humano nacional.

Es superior en Colombia y más tangible, el desperdicio de trabajo; supera la misma pérdida de riqueza material por la erosión, que hace conducir al Río Magdalena 150.000 metros cúbicos de humus vegetal, en sólo 24 horas y hacia el mar. Faltan pues, la Eficiencia, la Administra-

ción de capital nuevo, con el volumen nacional de ahorros y de capital extranjero importado. Presume estabilidad de precios y equilibrio presupuestal. Contempla las alzas de salarios que se producirán, como fenómeno normal y sólo en proporción a las nuevas producciones.

Para evitar fenómenos como los descritos, se necesitaría la acción enérgica de un Estado muy fuerte, lo que me parece muy difícil, máxime que el plan sostiene la mínima intervención del Estado en el Control y Administración del Plan, pues acepta el axioma del *Estado Pésimo administrador*.

Sostengo que durante la vigencia del Plan y en la práctica del mismo, pese a los optimismos de la Misión, sobre el papel, el país se verá avocado a fenómenos patológicos de Economía, como inflación, prosperidades artificiales, ganancias excesivas, niveles altísimos de precios, todo con origen especialmente en la polaridad ejecutiva del plan y en el egoísmo nacional, que ya sobrepasa los límites de lo prudente.

**AGRICULTURA.**—Renglón en que ocupamos el 75% de los colombianos, para producir el 40% del total de los rendimientos nacionales.

El rendimiento en Toneladas por Hectárea, es bajísimo, en comparación con otros pueblos y por diversas razones. Estamos ciertamente en la cultura del azadón. Salvo algunas regiones del Valle del Cauca. No poseemos estudios completos del suelo nacional, para indicar los cultivos apropiados a cada región. Hace falta la selección de las semillas; los abonos naturales y artificiales; la mecanización de la producción. La técnica nuestra es elemental y primitiva. Es equivocada la distribución agrícola en zonas ganaderas y viceversa. El acceso al crédito para el pequeño propietario, es difícilísimo en Colombia.

El gran problema sociológico-económico nacional, es hacer descender la población de la cumbre y la vertiente, al llano. En 1850 lo intentaron, pero en forma transitoria, con el cultivo del tabaco, en Ambalema. Este problema es histórico y muy complejo en sus soluciones.

Todos estos problemas le merecen lumínico examen a la Misión, que enfoca en forma empírica sus soluciones, a base del impuesto progresivo a las tierras sin rendimiento económico, de acuerdo con standards regionales, sistema que de ser puesto en vigor, causaría profundas convulsiones sociales.

Es cierto que la dirección agrícola se diluye en 10 o 12 instituciones desarticuladas, con responsabilidades y radio de acción muy alejados, que prestan deficiente, mínima ayuda técnica, financiera y educativa al campesino.

Es necesario, urgente, el fortalecimiento y reforma del sistema de la Caja de Crédito Agrario, del INA, especialmente para la construcción de depósitos, para almacenamiento de granos en las épocas estacionales y en defensa del futuro de los precios, para productores y consumidores.

Irrigación, Desecación, Reforestación, lucha contra la erosión, son temas centrales del plan, aunque la erosión no le merece el interés en relación con la magnitud del problema y el proyecto de inversión en este caso, está muy por debajo de los proyectos de la mayoría de los pueblos latinos, de problema menos dramático.

Contempla el incremento de 20 cultivos que nos abastezcan y dejen márgenes exportables, para diversificar la balanza y resolver el problema de la mono-exportación cafetera.

Debemos ser todavía y por muchos años, más agrícolas que industriales, pero con agricultura tecnificada y científica.

Para la solución de los problemas agrícolas, se propone una inversión en 5 años, así:

Proyecto de irrigación y desecación, que beneficien el mayor número de propietarios .....	\$ 80.000.000
Facilidades para secar y almacenar granos .....	" 17.500.000
Equipos, implementos, abonos, pesticidas etc. ....	" 323.500.000
Desarrollo y reforestación de tierras, inclusive resiembra de pastos .....	" 78.500.000
Desarrollo de la Pesquería ....	" 17.500.000
<b>TOTAL .....</b>	<b>\$ 517.000.000</b>

Es de lamentar que la misión no haya hecho estudios sobre las posibilidades ganaderas del País, industrias de extraordinario pasado y mejor futuro, que representa un capital de mas de 1.500 millones de pesos, distribuido en el valor de las diferentes especies que hoy llegan a 20 millones (14 millones de ganado vacuno).

### INDUSTRIA Y COMBUSTIBLES. ENERGIA ELECTRICA Y SERVICIOS PUBLICOS

Asegura la Misión que nos abastecen las industrias de cementos, cervezas, zapatos, tabaco, textiles y combustibles. Poseen magnífico futuro, vidrios y llantas, lo mismo que la Industria Química, Las Industrias de Energía Eléctrica, la Industria forestal y maderas, no han seguido el mismo camino de progreso de las restantes.

Textiles y cementos poseen equipos completos

y modernos, las resatntes se mueven en forma y con sistemas y maquinarias muy elementales.

En el renglón industrial, como en todos, la Misión elude hacer el avalúo de la riqueza nacional, capital estático, lo que indicaría las actividades más remuneratorias individual y colectivamente, lo que habría suscitado en el país, debates y polémicas de incalculable interés, al descubrir ciertos desequilibrios entre capital y ganancias, de algunas actividades privilegiadas.

Es especialmente franca la Misión y muy acertada, cuando afirma que la producción industrial representa el 15,3 del total del ingreso nacional. Pero hace falta más competencia y menos protección indiscriminada para industrias sin futuro y unilateral. Tremendo error del egoísmo capitalista nacional, mantener bajos niveles de producción, para manipular artificialmente precios y mercados, error común a todas las actividades privadas nacionales, todo en contra del interés social y de la misma industria que se expone a clausurar la protección oficial y se queda sin soluciones técnicas, para reducir los costos y mejorar las calidades y la eficiencia del trabajo nacional.

**HIERRO Y ACERO.**—Renglón que ha levantado un mar de polémicas, pues la Misión sostiene, con argumentos irrefutables, que el proyecto integral de Paz del Río, con su costo de 90 millones de dólares, que puede ser mayor, es **GRAVOSO. PELIGROSO** y antitécnico, puesto que el estudio de costos comparativos, arroja un precio para la unidad tonelada en Colombia, 3 o 4 veces por encima de la misma unidad CIF Buenaventura. El Gobierno tendrá que echar por el expediente de los subsidios y altos gravámenes aduaneros, para obligar a la absorción de la producción nacional, en este renglón.

Efectivamente, no podemos todavía competir con técnicas como la Belga y Norteamericana en la producción de maquinaria pesada, porque inclusive, el pueblo colombiano es incapaz de sacrificios parecidos al de esos pueblos, al comienzo de su industria pesada.

Debemos seguir transformando chatarra, para estructuras livianas, alambre, hierro y sus derivados. Impulsar la Siderúrgica de Medellín, para que pase, con un gasto adicional de 1 millón de pesos de 4000 a 20.000 toneladas anuales de producción en varillas de hierro, lo mismo que elevar la producción de Pacho.

Todo esto sumado a una industria de transformación de chatarra en Barranquilla, al estilo de las similares de Inglaterra y con un costo de \$ 10 millones, posibilitaría en cinco años, el ahorro de los 50 millones de dólares que gastamos

en la importación de materiales de hierro y acero anualmente. Me parece exagerado el proyecto y creo que el ahorro sería apenas de un 25% de divisas, en cada año.

Frente a las tesis de la Misión se levanta el resumen sobre Paz del Río del ingeniero americano Koopers, el cual es especialmente optimista al respecto y aporta cifras, para demostrar que el costo unitario en Colombia, apenas sería unos puntos más alto que el extranjero y que la ganancia líquida del capital, sería de un 13% en el primer año de producción de hierro fundido, acero laminado etc.

Estoy identificado con las afirmaciones de la Misión Currie y no comparto las tesis de algunos directores de Paz del Río, cuando sostienen que el técnico que hizo el estudio de Paz del Río, por cuenta de la Misión, no era conocedor de estas materias.

Paz del Río debe empezar como todas las industrias nacionales, hoy poderosas, pero que se iniciaron modestamente, lo contrario sería altamente político, pero ruinosamente económico.

**PETROLEO.**—Rectifica en este punto las afirmaciones de que tenemos reservas en los pozos en explotación, por 30 años; dice que hay sólo para diez años y ojalá se tenga esto en cuenta para la Empresa que se gesta, con motivo del vencimiento de la concesión.

Es importante, al lado de la Industria de Petróleo, aprovechar el anhídrido de Amonio, rico en Nitrógeno (82%), para una industria de abonos, impulsando las factorías petroleras de Barranca, con una inversión adicional de 10 millones de dólares.

**CARBON.**—Apenas se refiere en forma muy general a las reservas nacionales de carbón, pasando por alto los estudios tan completos que existen en el país, sobre este elemento y en las tres cordilleras, lo mismo que su futuro industrial y para el transporte nacional e internacional.

En síntesis propone el Plan una inversión de \$ 740 millones en cinco años, para el desarrollo industrial.

**ENERGIA ELECTRICA Y SERVICIOS PUBLICOS.**—La energía eléctrica, básica para el movimiento de la maquinaria industrial, calentamiento de hornos eléctricos, colaboradora al desarrollo de procesos químicos, alumbrado general y de fábricas, cocinas y refrigeraciones, sistemas de diversión y educativos, radio y cine, le merece especial atención.

Sostiene que en Colombia son Medellín, Bogotá, Barranquilla, Cali y Manizales las ciudades de más futuro industrial (es dudosa la afirmación, en cuanto a Manizales).

Que es necesario llevar la energía a los campos, especialmente para el desarrollo económico rural.

Posee el País en 1950 141.000 KV., o sea 24 Vatios per cápita, en relación con los 359 de los Estados Unidos, 72 de Uruguay y 63 de Chile, es pues muy bajo el nivel y no corre paralelo con el desarrollo industrial.

Propone para 1955 un total de 475.000 KV, es decir, el doble de la capacidad generadora actual. Los potenciales para esta energía, son materia de estudio detenido y completo.

**SERVICIOS PUBLICOS.**—Dice la Misión que nuestro standard es casi de miseria. Faltan alcantarillados y acueductos higiénicos en muchas localidades; el agua es impura y contaminada. Hacen falta grifos y pilas públicas, de fácil desinfección.

Los mercados y mataderos, no sólo escasean, sino que son altamente antihigiénicos.

**TELEFONOS:** Posee el país 70.000 teléfonos, todos ellos para el servicio urbano, es decir, 7 por cada 1000 habitantes, en relación con el promedio 14 por mil, de la América Latina. Recomienda una ampliación de las redes y plantas, que duplique el número en cinco años. El total de inversión para Energía y Servicios Públicos Municipales es de 537 millones en cinco años.

**TRANSPORTES:** Dado el interés que para la Economía tiene este órgano de la Circulación, a él dedica especial cuidado y atención el Plan.

Se hizo un estudio completo de la red nacional de ferrocarriles, carreteras, oleoductos, líneas aéreas, navegación fluvial y de cabotaje, cables y puertos, construídos o en proyecto, trazados o no, para llegar a importantes conclusiones, que destacamos comentando.

El sistema de transportes en Colombia, es inevitablemente costoso, debido a la abrupta topografía, que determina cuantiosas inversiones para las infraestructuras.

Poseemos 18.500 kilómetros de carreteras construídas, fuera de una serie de proyectos y frentes de trabajo desarticulados, lo que pasa igual en los ferrocarriles.

Hay en el País 3.175 kilómetros de ferrocarril así: 2.135 o sea el 68,22% nacionales; 714 o sea 22,26% departamentales; 229 K., o sea el 7,15% de Empresas particulares de servicio público y 77 K., o sea el 2,37% de Empresas particulares de servicio privado o industrial.

Ocupamos el 12º lugar en el continente hispano y en relación con kilómetros de superficie y habitantes.

Actualmente la red mundial se aproxima al millón y medio de kilómetros. De los cuales exis-

ten 400.000 en los Estados Unidos, con 60.000 locomotoras, otros tantos vagones de pasajeros y dos millones de vagones de carga. Europa posee 420.000 kilómetros. Rusia 90.000. Argentina 45.000 K. Brasil 35.000 y Chile 10.500 kilómetros. Enuncio estas cifras, como norte para inquietar relaciones.

En cuanto a la carga en 1947 se transportó en Colombia por Ferrocarril el 32%. Por Carretera el 36%. Fluvial y Cabotaje el 29% y Aviación el 3%, aparte de la conducción de petróleo por los oleoductos.

Estos datos, aunque pudieran ser sometidos a críticas muy serias, sobre su veracidad, especialmente en cuanto al porcentaje transportado por avión, en un país que ha pasado de la mula al avión sin superar etapas, tienen importancia relacionados con el costo Tonelada-kilómetro en cada medio de transporte, para concluir con los tremendos errores técnicos a que viene sometido el transporte Nacional. (Tonelada-kilómetro. Ferrocarril 0,08. Carretera 0,16 Buque de Río 0,04 subiendo y 0,02 bajando).

Propone el plan la standarización del ancho de la trocha o vía en una yarda, pues en Colombia un 78,11% o sea 2.473 kilómetros son de trocha de yarda y los restantes de metro, lo que implica transbordos y costos adicionales.

Técnicamente sostiene el Dr. Guillermo Camacho G. Director de los Ferrocarriles Nacionales, es mejor ampliar que reducir, pero el gasto que implicaría la standarización a metro para un 78,11% de los ferrocarriles, no se compensaría con ganancias, pues la diferencia es poca y las locomotoras adquirirían un margen pequeñísimo de capacidad. Esto sin entrar a discutir el complejo problema de la ampliación de las curvas mínimas teóricas, lo que sería necesario y a costos prohibitivos.

De manera que la standarización aconsejable es a yarda. Otra cosa es la recomendación para la importación de unidades Diesel eléctricas para los ferrocarriles y la centralización de talleres para el ahorro de equipo y administración.

Hay que acometer el estudio y revisión de las tarifas, de acuerdo con la devaluación del peso (tres quintos en 10 años). Tarifas uniformes y diferenciales, como algo de suma importancia.

Propone el plan el abandono de todos los proyectos ferroviarios actuales o sea, el troncal occidental que va a Cartagena. El troncal a Santamarta. Ibagué-Armenia. Neiva-Garzón. Popayán-Ipiales y concentrar la atención en forma exclusiva en el Ferrocarril del Magdalena DORADA-PUERTO WILCHES, que resuelva el problema del tráfico en el Río y en verano.

Esta vía es muy discutible, por su costo, por las dificultades sanitarias de las regiones que atraviesa; por los lagos que se forman periódicamente en ambas riberas, lo que determinaría puentes costosísimos sobre el Río o búsqueda de pendientes en los flancos de la cordillera, con aumento del kilometraje en forma extraordinaria. Esto aparte de la erosión de las orillas del Río, que determina costosísimos banqueos. En mi concepto es más aconsejable por ahora, el proyecto Bucaramanga-Barbosa para el empalme general con Wilches.

Propone levantar los rieles Calamar Cartagena 105 kilómetros y Tumaco-Diviso 106 kilómetros, reemplazándolos por un mejor dragado del canal del dique, para el primero y una carretera, para el segundo.

Es muy importante esta recomendación, pues se trata de ferrocarriles que en total dejan pérdida de 1.300.000 pesos a los FF. NN. (700.000 y 600.000 respectivamente). Se trata de vías con escaso volumen de carga y serias competencias. 30.000 toneladas anuales transporta el Ferrocarril de Nariño, es decir, lo que mueve en 45 días la carretera Ibagué-Armenia.

Que el Ferrocarril Ibagué-Armenia es de superdifícil construcción, sostiene la Misión. Supone una red de costosos y arriesgados túneles. Para el futuro y en forma más meditada se puede pensar en esa vía, cuya importancia es indiscutible.

**CARRETERAS.**—En este ramo propugna porque se entregue su sostenimiento al cuidado de particulares, para que se reembolsen por medio de peajes. Error fundamental que puede empeorar el sistema, ya deficiente, de este medio de transporte. Que se standaricen las marcas de camiones, para evitar escasez de repuesto y desperdicio de materiales.

Recomienda como esencial la terminación de la Troncal Occidental, sector Planeta Rica-Taráz. De la Troncal transversal central en el sector Medellín-Turbo que hace parte de la carretera Panamericana. Dorada-Sonsón de la misma. Tumaco-Diviso. Barranquilla-Santamarta. Buga-Buenaventura entre el kilómetro 37 de Buenaventura, o sea 130 kilómetros, con ahorro de 70 kilómetros para el 70% de la carga que va al interior por Buenaventura. Carretera Colombia-Girardot y la que conduce de Garzón a Popayán.

**OLEODUCTOS.**—No es partidario el Plan de los de Buenaventura-Cali y Puerto Salgar a Bogotá, mejorando los transportes, desaparece la necesidad. Recomienda el de PUERTO BERRIO a MEDELLIN y Cantiplora-Dorada para la distribución del petróleo en el país.

**AVIACION:** Recomienda especialmente proporcionar la competencia que viene desarrollándose por medio de aeródromos dobles. Tecnificarlos para que soporten equipos pesados. Construir uno en Buenaventura; iniciar vuelos nocturnos primero de carga, luego para pasajeros, si la demanda lo requiere. Abandono del Gobierno y entrega a particulares, de las vías marginales que explota aquí, especialmente a los Llanos. Finalmente distribuir el correo aéreo entre las distintas compañías, para el mejor servicio, a base de leal competencia.

Propugna en materia de transportes, por una cuidadosa revisión de las prestaciones sociales, jubilaciones principalmente, para evitar la pérdida de servidores calificados, en los años mejores del rendimiento económico.

Dura será la labor nacional, para conseguir quebrar tantos regionalismos como existen en materias de vías y tantos intereses políticos y electorales, pero estoy seguro que la batalla se ganará por parte del interés nacional.

El plan propone una inversión total de \$ 1.500 millones para transportes y en 5 años.

**HIGIENE PREVISION SOCIAL. EDUCACION:** El problema humano le mereció a la Misión atención inferior que el material agrícola, industrial, transportes etc., sin embargo, son importantes los aspectos siguientes: Existe en Colombia profundo desequilibrio entre el progreso material y el envilecido nivel de una población minada por endemias de diverso orden. Colombia es un pueblo subalimentado, débil, de rendimiento y resistencia a la fatiga, muy escasos, de allí su esperanza de vida media calculada en 40 años contra los 70 de otros pueblos.

Falta mucha Higiene, como se vió al hablar de los servicios públicos. Tenemos necesidad por lo menos de 2.750 médicos de tiempos completo y medio. 250 odontólogos y no menos de 7.000 enfermeras.

Gastamos un cuarto del presupuesto de la Higiene en los enfermos leprosos, enfermedad que no es tan alarmante en Colombia.

En Educación, lanzamos anualmente a la calle 17.000 profesionales, incluyendo bachilleres, de un total de 674.000 escolares. El 45% del pueblo colombiano no sabe leer. Falta tecnificar la Educación y diversificar las carreras. Estudios de Agronomía, sólo siguen en 1949: 300 alumnos, pese a la importancia de técnicos en estas ramas y las necesidades nacionales.

Poseemos 16.650 maestros imprevistos, dos tercios de ellos sin certificado alguno de idoneidad. Debido a lo mal remunerada de la carrera, sólo un 30% de los graduados se dedican a en-

señar. Entre los 7 y los 11 años, sólo asisten a la Escuela el 50% de los niños.

En el siglo pasado fuimos más cultos que civilizados; al presente estamos enfermos de técnica, sólo nos interesa la industria. la banca y descuidamos la Cultura. Somos un nuevo factor, en la suma del histerismo deportivo universal. Esa es la verdad y toda la verdad sobre la Colombia de 1950. Necesitamos equilibrar la Cultura y la Civilización si queremos adquirir conciencia de progreso.

**VIVIENDAS Y OTRAS CONSTRUCCIONES:** Es pésimo el sistema, la técnica y los métodos del Instituto de Crédito Territorial, que si bien ha construido 10.000 viviendas, lo ha realizado a precios prohibitivos, \$ 500.00 las rurales y hasta 25.000 las urbanas.

Aconseja el Plan construir 350.000 nuevas viviendas en cinco años, 106.000 urbanas y 244.000 rurales a un costo de 5.550.00 y \$ 2.250 respectivamente.

El total de inversiones del plan para este renglón y dada la escasez de la vivienda en Colombia y la densidad de habitantes por casa, monta a la suma de 1.600 millones de pesos en los cinco años.

**FINANZAS PUBLICAS. POLITICA FISCAL. MONETARIA Y BANCARIA:** Es esencial al Estado un sistema impositivo técnico, sin exclusivas miras fiscales, para no desanimar la creación de nueva riqueza, que se traduce en presupuesto ascendente.

Propone un sistema de impuestos más alto especialmente para el capital improductivo.

El índice total de vida del pueblo colombiano subió de 100 en 1940 a 300 en 1950, lo que sólo tiene para la Misión, explicación en los niveles del medio circulante, billetes y depósitos a la corta, que subieron de 212 millones en 1940 a más de 1.000 millones actualmente, operando de inmediato la Teoría cuantitativa Monetaria. Dice la Misión que durante la guerra el fenómeno aparecía normal por la mayor exportación, frente a la bloqueada importación, por el transporte difícil, pero posteriormente, la única explicación que halla la Misión, al alza inmoderada de la vida, la concreta en los préstamos imprudentes del Banco de la República, al Gobierno, casi 100 millones de pesos entre 1947 y 1948.

El medio circulante actual no se explica en manera alguna por nueva riqueza producida, al contrario, mucho del volumen monetario que avalla la misma, es simple espejismo económico, sin realidad permanente.

Proscriba el Gobierno el expediente imprudente de acudir al Banco Central, para financiarse o

saldar déficit de presupuesto y que el País desarrolle la política impopularísima, pero altamente benéfica, de restricción del crédito, discriminación del mismo, pues de lo contrario, nos ahogáramos en un mar de papeles sin respaldo, ni en oro y mucho menos en riqueza.

**COMERCIO EXTERIOR Y CAMBIO:** El plan repite lo mil veces dicho, diversificar la balanza, para no estar sometidos al café como única fuente de divisas y propone incremento de la exportación de azúcar y bananos. Sin embargo, dudo mucho que podamos competir con las técnicas, precios y calidades de los azúcares insulares.

Es optimista en relación con el bloqueo del precio del café, que seguirá dándonos los 400 millones de dólares actuales.

En cuanto al control, sostiene que debe ser menos rígido, girando dentro de normas menos confusas, para estimular competencias sanas y principalmente como aliciente para el capital extranjero, que debería venir en cantidad de 300 millones de pesos y que necesita saber a que atenerse en cuanto a la exportación de ganancias y reexportación de capital.

Sostiene la conveniencia de los enunciados de las Administraciones del General Ospina y el Dr. Olaya, es decir, que debemos endeudarnos y dejar entrar el capital extranjero, que viene con toda la experiencia de pueblos más desarrollados.

Que el tipo de cambio debería ser más elástico. Se pronuncia el plan, contra las paridades adquisitivas estáticas 1,75 y 1,95 que tenemos actualmente, con permiso del Fondo Monetario Internacional. Sostiene que el peso es moneda muy cara para la exportación, principalmente a los países latinos. (el peso vale 0,51 de dólar en paridad estática de 1,95).

En términos muy generales se refiere a los problemas de la relación peso-dólar en la Oferta y la Demanda y al problema artificial de los certificados oro, para el comercio internacional.

**ORGANIZACION DEL GOBIERNO:** En este punto, es especialmente general, siendo uno de los mas difíciles problemas colombianos, tecnificar la administración. Fortalecer la rama Ejecutiva, centralizándole la rama económica y presupuestal.

El país necesita aplicar los principios científicos del trabajo a los empleados públicos, hoy parásitos incompetentes, más que servidores públicos, especialmente mal remunerados y competidos, los pocos buenos, por la Industria que se los disputa con remuneraciones mejores.

El actual tren de empleados públicos, sostiene el Plan, no puede ser peor, defecto colombiano y latino que tiene múltiples explicaciones y es de vieja historia.

Es necesario crear departamentos técnicos de ferrocarriles, carreteras, crédito etc., y hasta donde sea posible, alejados de la política.

En síntesis: Propone el plan una inversión de 5.000 millones de pesos en 5 años, de los cuales se dedicarían a importación 1.000 millones en equipos, implementos etc., que haría subir el producido nacional de 5.700 millones en 1950 a 6.700 en 1953.

El presupuesto, que marcha paralelo con el incremento de la riqueza, llegaría en 1955 a la suma de 1.000 millones de pesos, contra los 500 millones actuales del presupuesto de las tres entidades Nación, Departamentos y Municipios. De esos mil millones 650 provendrían de la cuenta corriente natural y el resto, del rendimiento rentístico de la nueva riqueza. Sería entonces, el 16% del total bruto de la riqueza nacional, calculado para el final del plan.

**EL CUADRO SIGUIENTE ES LA SINTESIS DE LAS INVERSIONES PROYECTADAS POR PROPOSITOS Y FINES. — 1950—1955.**

	Total importaciones.	Inversión Privada	Millones Pública	Total	Porcentual
INDUSTRIA .....	US. \$ 191,5	Ps. \$ 741,5	.....	741,5	14,5
AGRICULTURA .....	109,0	341,0	176,0	517,0	10,3
TRANSPORTES .....	322,5	878,0	645,5	1.523,5	29,9
MINERIA .....	46,0	135,5	.....	135,5	2,7
IND. DE LA CONSTRUC. ....	14,0	40,5	.....	40,5	0,8
VIVIENDA .....	43,5	1.145,4	.....	1.145,4	22,5
EDIFICIOS .....	28,5	150,0	297,7	447,7	8,8
ENERGIA Y SERVICIOS PUBLICOS MPALES. ....	98,5	.....	536,6	536,6	10,5
<b>Total .....</b>	<b>U. S. \$ 853,5</b>	<b>3.431,9</b>	<b>\$ 1.655,8</b>	<b>5.087,7</b>	<b>100,0</b>

Medellín, Octubre de 1950.

J. Emilio López

# CALCULOS DE INGENIERIA QUIMICA

Alberto Bernal R.

## Problemas referente a Combustión

### Enunciado:

Un intercambiador de calor empleado para calentar el aceite de un sistema de circulación, es alimentado con una hulla que tiene la siguiente composición (análisis aproximado):

Humedad .....	12.38%
Materia Volátil .....	36.88%
Carbono fijo .....	37.50%
Cenizas .....	13.24%

El valor calorífico (sin hacer la corrección debida a la presencia de azufre) es de 10,361 BTU por libra y su contenido de azufre es del 5.1%.

La hulla se quema con aire a 70° Fahrenheit con una humedad relativa del 60%; la presión barométrica promedio es de 29,3 pulgadas de Hg.

La escoria que sale del horno se descarga a 600°F y su análisis da un 84% de cenizas y 16% de Carbono fijo (obtenido por diferencia); el contenido de Azufre es de 7.8% y el calor específico promedio se puede tomar igual a 0,23.

Los bases producidos en la combustión salen del horno a una temperatura de 850°F y tienen un análisis en volumen sobre base seca y libre de Anhídrico sulfuroso como sigue:

CO <sub>2</sub> .....	11.50%
CO .....	0.17%
O <sub>2</sub> .....	7.51%
N <sub>2</sub> .....	80.82%

El aceite circula a razón de 3.800 libras por cada cien libras de hulla quemada y se calienta desde 155° hasta 464°F; el calor específico se puede considerar igual a 0.55. Se trata de calcular lo siguiente:

a) El análisis último completo de la hulla, usando el método aproximado de Uehling.

b) Balances completos de materias y energía basados en 100 libras de hulla quemada.

c) Análisis completo (en volumen) de los gases de chimenea.

d) Eficiencia térmica del intercambiador basada en los valores caloríficos neto y total del combustible empleado.

### Solución:

Base general para los cálculos: 100 libras de hulla.

### Preliminares:

1) Corrección al valor calorífico de la hulla por la presencia de una cantidad apreciable de azufre en ella. Por cada libra de azufre contenida en una hulla, deben restarse al valor calorífico, 1800 BTU por libra.

Valor calorífico corregido = 10,361 — 1.800 (0.051) = 10,269 BTU/lb.

2) Relación de carbono fijo a materia volátil en la hulla (Fuel Ratio) C.F./M.V. =  
37.50/36.88 = ..... 1.01

Solución al punto a) El Fuel Ratio de la hulla indica que se puede catalogar como bituminosa y para estas encontró Uehling que a cada libra de Carbono elemental corresponde un valor calorífico de 17,900 BTU/lb. y un contenido de Hidrógeno de 5.4% del contenido de Carbono.

Carbono en la hulla =  
10,269/17,900 = .... 0.573 ó 57.30%  
Hidrógeno en la hulla =  
57.30 × 0.054 = ..... ó 3.10%

Se ha estimado para los carbones bituminosos que su contenido de nitrógeno elemental es del 1.7% sobre el peso total de combustible (se llama combustible a la suma de Material Volátil + Carbojo fijo).

Combustible total =  
36.88 + 37.50 = ..... 74.38  
Nitrógeno =  
74.38 × 0.017 = ..... 1.26%

Cenizas corregidas = ceniza total — tres octavos del contenido de azufre

Cenizas corregidas =  
13.24 — 5.1 × 3/8 ..... 11.33

Suma de los valores conocidos del análisis último:

Azufre .....	5.10%
Carbono .....	57.30%
Nitrógeno .....	1.26%
Hidrógeno (libre) .....	3.10%
Humedad .....	12.38%
Cenizas corregidas .....	11.33%
Total .....	90.47%

La diferencia entre el 100% y este valor de 90.47%, representa el contenido de agua combinada químicamente es decir:

$$\text{Agua combinada} = 100\% - 90.47\% = \dots 9.53\%$$

En esta forma queda definida la composición última de la hulla.

**Solución al punto b):**

Balance de Materia: Expresemos primero la composición de la escoria por su análisis último, tomando como base 1 libra de escoria.

$$\text{Ceniza corregida} = 0.84 - 0.078 \times 3/8 = \dots 0.8107$$

$$\text{Ceniza corregida} + \text{azufre} = 0.8107 + 0.078 = \dots 0.8887$$

La diferencia entre esta suma y una libra, representa el contenido de Carbono elemental (1.0000 - 0.8887 = 0.1113).

Análisis último de la escoria.

Carbono .....	11.13%
Azufre .....	7.80%
Cenizas corregidas .....	81.07%

Balance de carbono: Este balance tiene por objeto el cálculo del volumen de los gases secos y libras de SO<sub>2</sub> que se producen por la combustión de la hulla. Preliminar a este balance es la determinación de la cantidad de escoria producida en la combustión y se usa como material de "referencia" la ceniza total de la hulla pues como ella no se quema debe aparecer íntegramente en la escoria.

$$\text{Escoria producida} = 13.24/0.84 = 15.75 \text{ lbs.}$$

$$\text{Carbono que entra al horno} = 57.30 \text{ lbs.}$$

$$\text{Carbono en escoria} = 15.75 \times 0.1113 = 1.75$$

$$\text{Carbono quemado} = 57.30 - 1.75 = 55.55 \text{ lbs. ó } 55.55/12 \text{ lbs.}$$

Libras moles de carbono en los gases de chimenea 4.63.

Contenido de carbono en los bases de chimenea según su análisis, por libra mole:

Carbono en el CO <sub>2</sub> .....	0.1150
Carbono en el CO .....	0.0017
Carbono total .....	0.1167
	lbs. mole/por mole de gases secos.

Moles de gases secos producidos por la combustión de 100 libras de hulla.

$$4.63/0.116 \dots \dots 39.70 \text{ lbs. mole}$$

Balance de Azufre: Con el objeto de determinar el contenido de SO<sub>2</sub> en los gases de chimenea.

$$\text{Azufre que entra (en la hulla)} = 5.1 \text{ lbs. ó } 5.1 = 0.16 \text{ lbs. moles}$$

$$\text{Azufre en la escoria} = 15.75 \times 0.078/32 = 0.04 \text{ lbs. moles}$$

$$\text{Azufre que debe encontrarse en los gases} = 0.12 \text{ lbs. moles.}$$

Este azufre se encuentra en forma de SO<sub>2</sub> y cada mole de azufre corresponde a una mole de SO<sub>2</sub>.

Balance de Nitrógeno: Con el fin de determinar la cantidad de aire empleada en la combustión.

$$\text{Nitrógeno en gases de chimenea} = 39.70 \times 0.8082 = 32.10 \text{ lbs. moles.}$$

$$\text{Nitrógeno que lleva la hulla} = 1.26/28 = 0.05 \text{ lbs. moles.}$$

$$\text{Nitrógeno que debe entrar con el aire} = 32.05 \text{ lbs. moles.}$$

$$\text{Aire correspondiente a esta cantidad de Nitrógeno} = 32.05/0.79 = 40.50 \text{ moles.}$$

Balance de Hidrógeno: Con el fin de determinar la humedad de los gases de chimenea.

Agua que lleva el aire como humedad a 70°F y humedad relativa del 60% según puede leerse en una carta Psicrométrica 0.0153 moles de agua por mole de aire seco.

$$\text{Agua en el aire} = 0.0153 \times 40.05 = 0.62 \text{ libras moles}$$

(Notar que 1 mole de agua corresponde a 1 mole de Hidrógeno).

$$\text{Humedad de la hulla} = 12.38/18 = 0.69 \text{ libras moles}$$

$$\text{Agua combinada} = 9.53/18 = 0.53 \text{ libras moles}$$

$$\text{Hidrógeno libre} = 3.10/2 = 1.55 \text{ libras moles}$$

$$\text{Hidrógeno que entra} = 3.39 \text{ libras moles}$$

Esta cantidad de hidrógeno que entra debe aparecer a la salida como agua en los gases de chimenea cuyo análisis total, respondiendo a la pregunta c) es el siguiente:

CO <sub>2</sub> = 39.7 × 0.1150 =	4.57 moles	10.57%
CO = 39.7 × 0.0017 =	0.07 moles	0.16%
O <sub>2</sub> = 39.7 × 0.0751 =	2.98 moles	6.90%
N <sub>2</sub> = 39.7 × 0.8082 =	32.10 moles	74.24%

SO <sub>2</sub> .....	= 0.12 moles	0.28%
H <sub>2</sub> O .....	= 3.39 moles	7.85%
	<hr/>	
	43.23 moles	100.00%

### Balance General de Materia

Materia que entra:

Hulla .....	100 libras
Aire seco $40.5 \times 29$ .....	1176 libras
Humedad $0.62 \times 18$ .....	11 libras
	<hr/>
	1287 libras

Materia que sale:

Gases:

Escoria .....		16 libras
N <sub>2</sub> (atmosférico) $32.1 \times 28.2$		905 libras
CO <sub>2</sub> $4.57 \times 44$		205 libras
CO $0.07 \times 28$		2 libras
O <sub>2</sub> $2.98 \times 32$		95 libras
SO <sub>2</sub> $0.12 \times 64$		8 libras
H <sub>2</sub> O $3.39 \times 18$		61 libras
	<hr/>	
		1292 libras

### Balance de Energía.

Base: 100 libras de hulla quemada y una temperatura de referencia de 70°F

Energía que entra:

Valor calorífico de la hulla $100 \times 10,269$ .....	1,026,900 BTU
Entalpia del aire seco a 70 .....	0
Entalpia de la hulla a 70 .....	0

Entalpia del vapor de agua:

Punto de rocío (de una tabla Psicrométrica) 56 F	
Entalpia de evaporación a 56 .....	1062 BTU/LB
Calor específico del vapor .....	8 BTU/mole
Calor específico del líquido .....	18 BTU/mole
Entalpia total del vapor (0.62 moles)	
$0.62 (1062.2 \times 18 + (70 - 56)8 - 18)$ .....	11,750 BTU

Energía total que entra .....

---

1,038,650 BTU

Energía que sale:

Valor calorífico del CO $0.067 \times 67,410 \times 1.8$ .....	8120 BTU
Valor calorífico escoria $1.75 \times 14450$ .....	25420 BTU
Entalpia de la escoria $15.75 (600 - 70) 0.23$ .....	1920 BTU
Entalpia de los gases secos a 850 F	
CO <sub>2</sub> $4.57 \times (850 - 70) \times 10.8$ .....	38,500 BTU
CO $0.07 (780) \times 7.2$ .....	390 BTU
O <sub>2</sub> $2.98 (780) \times 7.5$ .....	17,400 BTU
N <sub>2</sub> $32.1 (780) \times 7.2$ .....	181,000 BTU
SO <sub>2</sub> $0.12 (780) \times 11.2$ .....	1,050 BTU
	<hr/>
	238,340 BTU

Entalpia del vapor que sale

Presión parcial $29.3 \times 3.39 / 43.23 = 2.3$ pulgadas Hg.
Punto de rocío en estas condiciones = 106 F
Entalpia de evaporación a 106 = 1033.8 BTU/lb.
Entalpia del líquido 18 (106 - 70) = 648 BTU/mole
Entalpia del sobrecalentamiento (calor específico promedio = 8.5)
$8.5 (850 - 106) = 6700$ BTU/mole

Entalpia total del vapor:  $3.39 (1033.8 \times 18 + 648 + 6,700) = 88,000$  BTU

Entalpia que gana el aceite al calentarse:  $3.800 (464 - 155) \times 0.55 = 645,000$  BTU

TOTAL DE LAS SALIDAS DE ENERGIA = 1,006,800 BTU

La diferencia entre la energía que entra y la suma anterior, representa las pérdidas por radiación y otras causas y vale:

$$1,038,650 - 1,006,800 = 31,850 \text{ BTU}$$

Balance general de Energía

Entradas:

Valor Calorífico hulla .....	1,026,000	99.9%
Entalpia vapor de agua .....	11,750	0.1%
	<hr/>	<hr/>
	1,038,650	100.0%

Salidas:

Entalpia que gana el aceite .....	465,000	62.1%
Entalpia de los gases .....	238,340	23.0%
Entalpia escoria .....	1,920	0.2%
Valor calorífico escoria .....	25,420	2.4%
Valor calorífico gases .....	8,120	0.8%
Entalpia del vapor .....	88,000	8.5%
Pérdidas .....	31,850	3.0%
	<hr/>	<hr/>
	1,038,560	10.0%

Solución al punto d)

Eficiencia del Proceso.

$$\text{Valor calorífico neto} = \text{Valor calor. total} - 9 \times 1056 \times (\text{cont. H})$$

Contenido de H en el combustible:

Moles de H libre .....	1.55
H en H <sub>2</sub> O combinada .....	0.53
H en humedad .....	0.69

2.77 moles que pesan:

$$2.77 \times 2 \dots\dots = 5.54\% \text{ de H.}$$

$$\text{Valor calorífico neto} = 10,269 - 1056 \times 9 \times 0.554 = 9,743 \text{ BTU/lb. de hulla}$$

$$\text{Eficiencia neta} = 645,000 / 9743 \dots\dots = 66.2\%$$

$$\text{Eficiencia total} = 645,000 / 10,269 \dots\dots = 62.7\%$$

Alberto E. BERNAL.

REFERENCIAS:

El enunciado de este problema y gran parte de los datos empleados para la solución, se han tomado de "Cremical Process Principles" de Hougen an Watson publicado por John Wiley / Sons. — Otros datos se tomaron de "Thermodynamic Properties of Steam" por Keenan and Keyes de la misma editorial.

## UN AUSENTE INOLVIDABLE

(A la memoria del Dr. Antonio Villa C.)

Angel Zapata C.

Puede que con mucha confianza y sin consultar mis fuerzas, echo sobre mis hombros el peso de una gran responsabilidad ante una obligación dolorosa. Movidio por el más profundo agradecimiento hacia un hombre que durante varios años influyó poderosamente en mi vida, quiero hacer cariñosa memoria de los últimos días de la suya. Sé que para cumplir con éxito tal propósito se necesita pluma más avisada que la mía; pero en este caso no tendré en cuenta preocupaciones literarias ni reservas de modestia: quiero depositar sobre una tumba recientemente cerrada el homenaje sincero de mi admiración y mi gran reconocimiento.

No aspiro a escribir una Apología. Pero si espero que este mal pergeñado tributo lo anime el espíritu del ilustre hombre que hubo en Don Antonio Villa C. y no el profesor simplemente. Por eso olvidaré momentáneamente al claro y exacto expositor, al dominador de textos y de variados libros de consulta, al juicioso y metódico a la par que elegante y discreto maestro; para buscar el fuego que animaba aquella vida maravillosa y que logró acendrar en Don Antonio un varón ejemplar.

Discípulo suyo durante cinco años, habíame acostumbrado a su presencia y al espectáculo de su pródiga inteligencia, como nos acostumbramos al torrente de luz que cada día renace! Empero, ni la habitualidad de su figura, ni el disfrute inmerecido de los más puros tesoros de su ciencia diluyéronme nunca los perfiles señeros de su recia personalidad. Sabía y confesaba tener delante a un hombre extraordinario, no solamente por la vastedad de sus conocimientos pero por su en-

tereza y voluntad reveladoras de un irreductible anhelo de perfección.

“La acción humana sólo tiene valor cuando salva el contorno individual, cuando trasciende al grupo, y se hace más noble y fecunda en tanto extienda sus proyecciones a la patria o a la humanidad entera”, escribió el doctor Ricardo Uribe Escobar. Darnos, pues, es acrecentar nuestro caudal de humanidad. Desde la noble cátedra se han dado los más preclaros espíritus de todos los tiempos y ésta la razón por la cual Don Antonio Villa amoldó su vida al profesorado, tan arduo e ingrato entre nosotros...

La Escuela Nacional de Minas lo contó durante más de vinticinco años en el número de sus profesores más esclarecidos y su ciencia y su modestia y su vocación, contribuyeron al creciente prestigio de la por tantos motivos meritísima institución.

Cuando en 1942 la Universidad de Antioquia, bajo los auspicios bienhechores del Doctor Pedro Claver Aguirre, entonces Gobernador del Departamento, promovió la fundación de nuestra Escuela de Ingeniería Química, vino el Doctor Villa hasta nosotros, y aquí lo tuvimos, para solaz y gusto de la inteligencia, adoctrinando con su palabra y modelando con su ejemplo.

Quienes le conocimos, pues, en los últimos años de su vida, guardamos en la memoria la imagen admirable de un varón ya simbólico: con la modestia que imprime el ánimo la comprensión de los hombres y el análisis de las cosas; con la sabiduría de quien gustosamente ha ofrecido lo mejor de su vida sobre el altar de la

ciencia y la cultura; y con la cristiana humanidad de quien se dá voluntariamente y dispersa semillas purísimas en los campos de la juventud. Cristiandad, sabiduría y modestia, fueron los caminos de fuego que siguió don Antonio Villa en el curso de su vida; y a fé mía que logró acrisolar su espíritu y gozar de la libertad y la belleza como muy pocos lo han logrado!

Practicó don Antonio, durante toda su vida, un inconformismo metódico cuyo centro de acción localizó en su propia persona. Así se explica que, a golpes de voluntad, de constancia, de sacrificios, haya alcanzado una tan alta disciplina intelectual que al final de sus días asombraba su erudición, maravillaba su fuerza de análisis y convencía su sabia palabra en los más distanciadados órdenes del saber humano. No obstante haber sido su profesión la Ingeniería Civil, campo hoy tan dado a la especialización y el fraccionamiento, continuó cultivando su espíritu en los temas más variados y opuso su vida, como ejemplo, a los genios en una pulgada de universo.

Tiene la cátedra, como tribuna del pensamiento, una visible ventaja sobre los otros medios de exposición: tal es el contacto director entre el doctrinador y el adoctrinado; pues aquí no cabe libre interpretación, ni el oscuro significado pasa a formar lastre de la inteligencia. Sin embargo, exige más consagración y sus efectos se notan en las almas, así como los médicos vencen miles de veces a la muerte sin dejar señales visibles en los seres. Toda esta generación de ingenieros jóvenes que hoy son honra y prez de Antioquia, debe mucho al Doctor Villa. Todos pasaron bajo su mirada protectora en los abstrusos cursos de la Escuela y llegaron a la vida armados por su mano, caballeros de la técnica. El seguía allá en las aulas, mirando pasar el precioso río humano que iba a cumplir un destino; y sobrio, modesto, imperturbable lo halló la sombra ineluctable, cuando Dios dispuso que había cumplido el suyo.

Quédenos su memoria y su ejemplo!

Medellín, Septiembre de 1950.

