

7 #1

AUTORES ANTIOQUEÑOS

# Ingeniería Química

REVISTA TECNICA E INDUSTRIAL

Vol. VII No. 1

Noviembre 1958

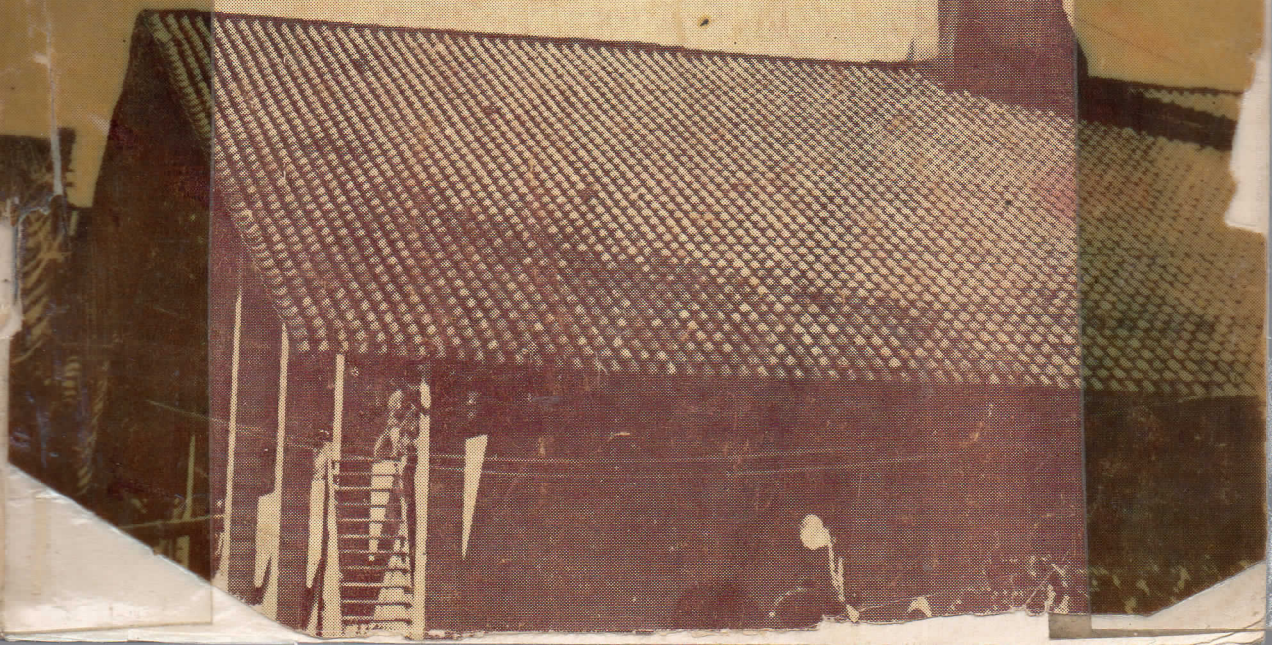


MONOGRAFIA  
INDUSTRIAL

"Cía. Ladrillera Guayabal Ltda."

Sala de  
AUTORES ANTIOQUEÑOS  
Biblioteca General  
U. de A.

~~AUTORES ANTIOQUEÑOS~~



# INGENIERIA QUIMICA

ORGANO DEL CENTRO DE ESTUDIANTES AL SERVICIO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

DIRECCIÓN:  
RAMIRO TOBÓN R.

Apartado:  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
—  
Tel. 177-10

GERENCIA:  
ALBERTO PALACIO B.  
Propaganda:  
SANTIAGO PRECKLER DE T.

---

AÑO IX — Medellín, Noviembre de 1958 — Volumen VII — Nº 1

---

Tarifa postal reducida — Licencia número 1718 del Ministerio de Comunicaciones.

---

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

## COMENTARIOS

---

### INDUSTRIA Y EDUCACION TECNICA

Por su condición de país sub-desarrollado, Colombia requiere el desenvolvimiento Industrial suficiente al menos para atender la demanda interna y más aún, lograr cubrir mercados más allá de nuestras fronteras con una producción de excelente calidad y precios equitativos.

Pero tal desenvolvimiento requiere entre muchas necesidades un mayor número de técnicos especializados, que atiendan con responsabilidad a una mejor producción. Y aquí el planteamiento del problema: la educación de un mayor número de técnicos, para atender las necesidades de la Industria Nacional.

Siendo la Industria, la directa beneficiaria de tal educación, es de lógica que ella atienda de manera real, y con especial solicitud a la formación completa de sus futuros colaboradores. Se necesita que la Industria aprecie en su valor real al técnico que le sirve, y que exista el entendimiento básico necesario para una mayor efectividad en el trabajo.

Pero este entendimiento, no debe comenzar cuando el profesional joven esté directamente al servicio de la Industria: debe empezarse a estrechar los lazos desde la Universidad, en los comienzos de los estudios especializados que terminarán por formar al técnico completo y responsable. La vinculación de la Industria en la Educación técnica debe ser real, por ser aquélla la directamente beneficiada con tal formación y por un sentimiento

patriótico, ya que con un mayor desarrollo Industrial se lograrán los mejores adelantos en todo orden en la República.

La Industria, debe considerar como suya, la obligación de despertar en las juventudes profesionales, la afición por la investigación científica tan escasa entre nosotros, ya que el Gobierno por su limitado presupuesto no puede hacerlo. Una mayor investigación en todos los campos traerá como consecuencia directa, los mejoramientos en las técnicas de producción, obteniéndose superiores rendimientos a inferior costo, y un superior nivel de vida para el obrero colombiano.

Tales cosas son imposibles, si el profesional técnico no tiene la sólida preparación científica y el espíritu investigativo necesarios para efectuarlos a cabalidad.

La creación de becas en el exterior que permitan a nuestros profesionales complementar sus estudios, ya en forma especializada, y premios otorgados a trabajos científicos de valor, estimularán en forma adecuada y despertarán en los educandos las aficiones por los difíciles y complicados senderos de la investigación. Estas serían posibles maneras de vinculación efectiva de la Industria en la Educación técnica, que reportaría, una mejor formación del elemento humano, y por ende el desarrollo Industrial logrará encauzarse con sólidas bases, hacia el éxito absoluto en todos los campos.

En países de nivel cultural muy superior al nuestro, la Industria juega papel importantísimo en la educación técnica: Auxilios de todo orden, consultas técnicas y presentación de sus problemas para ser estudiados por los educandos.

Es necesario que la Industria, con espíritu de colaboración, ponga en manos de la Facultad Técnica, sus problemas, que obligarán al estudiante a situarse en un campo práctico con respecto a la solución de los mismos y con una colaboración efectiva del personal docente capacitado, se verá obligado a encontrar las mejores soluciones a tales problemas, ganando para sí valiosa experiencia, que podrá aplicar posteriormente al enfrentarse directamente con ellos en el ejercicio de su profesión.

Y después de despertar el espíritu investigativo, la Industria debe preocuparse igualmente por algo tan importante como es, la iniciativa propia.

El profesional joven, con sus conocimientos adquiridos durante los años de Universidad, está en condiciones de presentar técnicas nuevas mejores, que traerán resultados y beneficios inmediatos: pero será imposible si sus inquietudes no encuentran el apoyo, interés y estímulo necesarios.

No debe ser limitado el campo de acción del profesional, ya que de esta manera su labor terminará por tornarse rutinaria y fatigante, que al final logrará anularlo, perdiendo así la Empresa el beneficio que podría traerle la aplicación de los resultados de una concienzuda investigación.

Cabe en este comentario, anotar las condiciones de inferioridad con respecto a los extranjeros, en que son tratados nuestros profesionales técnicos. Se dice entre otras cosas, que la formación es lo suficientemente teórica, pero casi nula en la práctica.

Al respecto, sería erróneo considerar, si los mismos industriales que en ocasiones hacen tal afirmación no serán responsables directos en tal deficiencia? Si existiese una mayor colaboración entre la Industria y las Facultades técnicas, sería posible que los futuros profesionales adquiriesen un mayor cúmulo de conocimientos al ponerse en contacto directo con la maquinaria y los procesos que posteriormente tendrán bajo su responsabilidad. Afortunadamente ya en muchas de nuestras Empresas, se permite el libre acceso a las fábricas, a los estudiantes que deseen complementar sus estudios teóricos de la Universidad con los resultados prácticos de los procesos aplicados en la Industria.

Es una necesidad igualmente, que la Industria se preocupe en una forma más efectiva por las facultades técnicas, colaborando en la dotación completa de los laboratorios de las mismas. La dotación de tales laboratorios, por los altos costos, se hace bastante difícil, dada la precaria situación de la Universidad Colombiana. Sólo la Industria, que posee capitales disponibles, puede solucionar en parte este grave problema de la Educación técnica: porque sería ilógico exigir una preparación práctica eficiente, si no se ha podido complementar la teoría con la práctica y como antes anotábamos es indispensable que el estudiante se familiarice con las técnicas de los procesos, para rendir con mayor eficiencia posteriormente en su trabajo.

En reciente comentario el Pbro. Enrique Pérez Arbeláez, notable científico colombiano, anotaba:

"Poco bueno puede prometerse a la ciencia en un país como Colombia, donde gentes muy elevadas en la política califican las actividades corrientes de los científicos como "vagabunderías" y todos sus gastos como exagerados para el medio pobre en que vivimos y donde los puestos claves de las instituciones, que pudieran ser como metas de la carrera en cada especialidad, son asaltados de repente, sin méritos, a fuerza de intrigas y favoritismos y por encima de servicios innegables, por personal extravasado de otras profesiones, fracasos e imprevisiones.

Dentro de las fórmulas que se discuten en el mundo para elegir, comparar y medir el apoyo a la ciencia y a los científicos, no tienen sentido las quejas e incomprendiones que padece nuestra promoción de una ciencia colombiana. Porque si en otras partes tratan los Gobiernos, e intentan los promotores de la cultura, las academias, LAS EMPRESAS CUYO PROGRESO DEPENDE DE LA TECNICA, de reclutar, de preparar, de activar, de estimular y de premiar a los científicos connacionales para que miren su carre-

ra, no como un MODUS VIVENDI, sino como una empresa de patria, en Colombia es al revés: nuestros escasos hombres de ciencia son tratados en forma hostil y desdeñosa, se los condena a una vida sin alicientes, precaria, indigente y mendicante, en medios de trabajo; sometida a una crítica acerba que penetra a cualesquiera interioridades de su vida privada y se les hace el vacío, hasta que, acabado el vigor para la lucha, se les lanza a los desiertos de la nulidad y de la frustración. Dedicarse a una especialidad, en Colombia se llama locura, desequilibrio, imbecilidad y extravagancia; es una suerte inferior a la de cualesquiera deportista, artista, malabarista y versificadores. No es extraño, por lo mismo que Colombia no cuente para nada cuando, en ambiente internacional, se trata de ciencias”.

La Industria está llamada a servir en la educación técnica del País y puede hacerlo, estimulando y colaborando eficazmente con las Universidades en esta tarea.

Que este comentario sirva, para despertar entre nuestros industriales la conciencia acerca de este gravísimo problema, y haga sentir pronto su vinculación espontánea, para lograr hacer de Colombia, la patria grande que todos anhelamos.

#### NUEVO DIRECTOR:

Después de una labor eficaz al frente de nuestra Revista, el Sr. Rafael de Fex, se retira de ella, para vincularse al servicio Higiene Industrial S.C.I.S.P., Ministerio de Salud Pública.

Por su gran actividad, cultura y espíritu de compañerismo, no dudamos logrará los más rotundos éxitos en el ejercicio de la profesión. Lamentamos la ausencia de este compañero, y le felicitamos de corazón, al culminar tan brillantemente la carrera.

Como director de la Revista, ha sido encargado por el Centro de Estudiantes, el Sr. Ramiro Tobón, aventajado estudiante de la facultad, quien con seguridad, sabrá mantenerla en el sitio privilegiado que se encuentra, dentro de las publicaciones científicas del País.

ALBERTO PALACIO B.



## INSTRUMENTACION DE UN PROCESO QUIMICO

Versión y Notas del Chemical and Process Engineering por *Dario Toro Q* Ingeniero Químico.

Si una planta química va a ser controlada automáticamente, es esencial considerarla desde su diseño inicial. La idea de que los instrumentos pueden colocarse durante o aún después de construída la planta ha desaparecido casi completamente. Hasta hace poco tiempo había una tendencia, mala por cierto, hacia una excesiva cantidad de instrumentos de control en dichas plantas. Este artículo describe la aplicación del control automático en la automatización de un proceso típico.

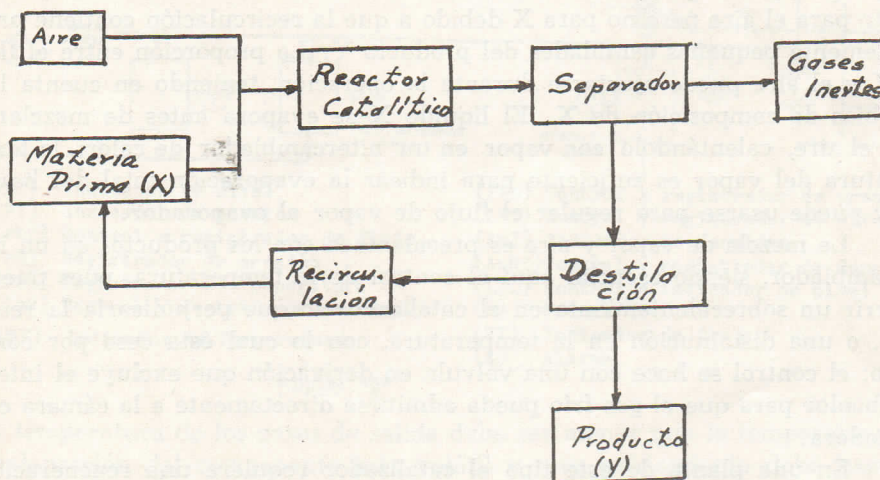


Figura 1.

El proceso hipotético de la oxidación catalítica en fase de vapor de un líquido X para producir un líquido Y, sin formación de ningún otro producto, se muestra esquemáticamente en la Fig. 1. El líquido X se evapora calentándolo con vapor, se mezcla con aire y se pasa a una cámara catalítica.

La reacción de oxidación es exotérmica y ocurre a una alta temperatura, el calor necesario se puede aprovechar de la misma reacción precalentando la mezcla reaccionante con los productos en un intercambiador de calor. Para que ocurra la reacción se requiere un exceso de X pero ésta apenas tiene un rendimiento del 60%. Los productos así obtenidos tendrán entonces, fuera de Y, cierta cantidad del material X sin reaccionar y gases inertes (nitrógeno, etc.) provenientes del aire usado para la reacción. Se supone que X y Y pueden separarse fácilmente de la mezcla gaseosa por condensación y que estos dos materiales pueden separarse luego en una columna de destilación. Aunque los gases de desperdicio pueden tratarse posteriormente para separar cualquier cantidad de X y Y que tengan, esta etapa del proceso no se considera aquí.

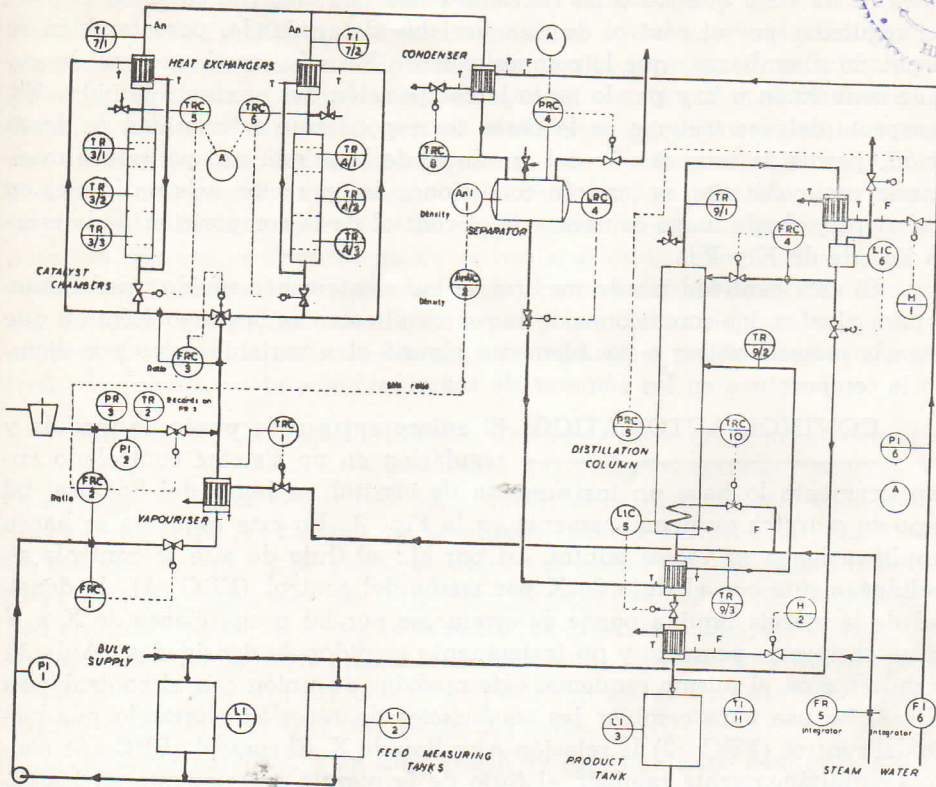
#### CONTROL DE LA ETAPA DE REACCION:

La proporción en que entran los reactantes, así como las presiones y las temperaturas en las cámaras catalíticas están determinadas por las condiciones de equilibrio y cinética de la reacción. El primer control del proceso actúa sobre la rata del flujo del líquido X al evaporador; el exceso de X requerido en la reacción se determina por una proporción simple del aire necesario, esto supone sin embargo que las composiciones tanto de X como del aire no varían, lo que es cierto para el aire pero no para X debido a que la recirculación contiene probablemente pequeñas cantidades del producto Y. La proporción entre el flujo X y el aire puede ajustarse durante la operación, teniendo en cuenta los cambios de composición de X. El líquido X se evapora antes de mezclarlo con el aire, calentándolo con vapor en un intercambiador de calor; la temperatura del vapor es suficiente para indicar la evaporación total del líquido y puede usarse para regular el flujo de vapor al evaporador.

La mezcla de vapor y aire es precalentada con los productos en un intercambiador, siendo esencial aquí el control de la temperatura, pues puede ocurrir un sobrecalentamiento en el catalizador lo que perjudicaría la reacción, o una disminución en la temperatura, con lo cual ésta cesa por completo; el control se hace con una válvula en derivación que excluye el intercambiador para que el gas frío pueda admitirse directamente a la cámara catalizadora.

En una planta de este tipo el catalizador requiere una regeneración periódica y por lo tanto, se necesitan varios reactores en paralelo así que pueda separarse cada uno de ellos para esta operación, sin que haya reducción ninguna en la producción. La alimentación requiere entonces un sistema de distribución para todos los reactivos.

SEPARACION LIQUIDO - GAS: El producto de los reactores pasa al condensador donde se condensan.



- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| (LI) Indicador de nivel              | (PRC) Control y registrador de presión   |
| (PI) Indicador de presión            | (LRC) Control y registrador de nivel     |
| (FRC) Control y registrador de flujo | (AnI) Indicador de densidad              |
| (PR) Registrador de presión          | (AnRC) Control y registrador de densidad |
| (TR) Registrador de Temperatura      | (LIC) Control e indicador de nivel       |
| (TRC) Control y registrador de Temp. | (H) Manual                               |
| (TI) Indicador de Temperatura        | (FI) Indicador de flujo                  |
|                                      | (A) Alarma                               |

FIGURA "2"

La temperatura de los gases de salida debe ser menor que la temperatura de condensación del componente más volátil y este enfriamiento debe hacerse con la mínima cantidad de agua necesaria. Los productos líquidos se separan del gas en el separador que también actúa como tanque de alimentación para la columna de destilación; la salida del líquido de este tanque debe regularse para mantener un nivel apropiado de trabajo y finalmente, la presión en todo el sistema también puede ser controlado por la salida del gas del separador.



Se ha visto que todas las corrientes tanto de material como de energía son reguladas por el control de una variable determinada, pero también se ha notado sin embargo, que la composición de X varía, cambiando así la rata de conversión a Y y por lo tanto la composición del producto líquido. Este aspecto debiera tratarse en la parte correspondiente a la unidad de destilación, pero si la composición del producto de la primera etapa puede mantenerse casi constante, se tendrán condiciones de operación más uniformes en esta etapa y desde luego es necesario el control de la composición de la mezcla líquida de X y Y.

Si esta cantidad puede medirse lo suficientemente rápido puede usarse para ajustar las condiciones de la reacción como es la proporción en que entra la materia prima o posiblemente alguna otra variable como por ejemplo la temperatura en las cámaras de reacción.

**CONTROL AUTOMATICO:** El enlace entre cada punto de medida y regulación en un sistema controlado automáticamente lo hace un instrumento de control en lugar del hombre, tal como se muestra esquemáticamente en la Fig. 2. En este esquema se hacen simplificaciones en varios puntos, así por ej.: el flujo de aire se controla simultáneamente con el flujo de X por medio del control (FRC-2); la densidad de la mezcla líquida puede determinarse por las proporciones de X y Y en un recipiente pequeño y un instrumento medidor de densidades (An1-1) se muestra en el mismo esquema, este medidor en unión con el control (An RC-2) se usa para cambiar las condiciones de reacción alterando por medio del control (FRC-2) la relación Aire-líquido X. El control (FRC-3) controla simultáneamente también el flujo de la mezcla reaccionante en las cámaras catalizadoras.

**CONTROL AUTOMATICO DE LA UNIDAD DE DESTILACION:** En el control de esta unidad se aplican los mismos principios generales de balances de material y energía. La alimentación a esta unidad es el producto de la etapa anterior y por lo tanto es muy difícil controlarla apropiadamente; es sin embargo esencial que cualquier cambio en el flujo tome lugar lo más despacio posible para que la operación en la columna sea uniforme. El separador que se encuentra después de la primera etapa se usa como tanque de alimentación para la columna; el nivel en este tanque va a regular el flujo a la columna por medio de un control de nivel. Los otros flujos de material en esta etapa son los productos de fondo, el destilado y el reflujo. La cantidad de producto Y formado se determina por un nivel en el hervidor. El destilado se debe permitir que varíe en su composición con el fin de obtener una composición uniforme de Y.

La regulación del calor en el hervidor debe hacerse de acuerdo con la composición del producto, la cual composición se indica simplemente por la temperatura en la parte inferior del plato de alimentación. El reflujo no puede controlarse por la temperatura, así que se regula por control directo del flujo; el destilado se controla con un medidor de nivel en el tanque separador del reflujo. Las dos variables que quedan, son la presión en la columna y el flujo de agua de enfriamiento en el condensador; este último se controla por medio de la temperatura del condensado, pero si las condiciones de operación son casi constantes puede controlarse manualmente. Los gases disueltos en el tanque separador del reflujo, provenientes de la condensación del destilado que es una mezcla de vapor y gas, deben dejarse salir a la atmósfera de vez en cuando; la descarga de tales gases puede usarse para controlar la presión en la columna.

**MEDIDAS INTERMITENTES:** Con respecto a otros instrumentos de medida podemos decir lo siguiente: Para evaluar los costos de producción, el material existente se mide con indicadores de nivel en los tanques de la alimentación y del producto (LI 1-3). La cantidad de agua y de vapor necesarios se miden con un indicador de flujo FI-6 y un registrador de flujo FR-5 respectivamente. Se colocan orificios en cada una de las conexiones entre las diversas piezas del equipo, pero no para conectar permanentemente instrumentos en ellos, una unidad portátil puede colocarse en cada uno de estos orificios si se necesita medir individualmente el flujo de una unidad de la planta.

El lecho catalizador en un proceso de este tipo debe examinarse constantemente; la temperatura indica el estado en que se encuentra el catalizador y existen instrumentos especiales para este trabajo. Cambios de temperatura en los intercambiadores de calor determinan mal funcionamiento de ellos. Caídas de presión en el catalizador indican también cambios en su composición y deben instalarse manómetros para leerlas. Deben instalarse puntos adicionales de medida para otros fines, por ej.: para sacar muestras de los productos de cada reactor y para medir la temperatura de los diversos calentadores y enfriadores; estos puntos no necesariamente deben estar conectados permanentemente a los medidores y su inclusión puede hacerse más bien cuando la planta está en operación.

Las válvulas de la alimentación y del producto deben cerrarse y abrirse respectivamente en el caso de ocurrir alguna falla en el equipo; lo mismo debe hacerse con las válvulas de vapor y de agua de enfriamiento. Sin embargo debe tenerse en cuenta que al impedir el flujo a las cámaras catalizadoras puede ocurrir un sobrecalentamiento y que si se usan válvulas para la distribución del flujo a estas cámaras se deben cerrar apropiadamente. Un

problema interesante se presenta en la válvula correspondiente a la alimentación del hervidor porque siendo una válvula de alimentación debiera cerrarse pero como también es una de producto de la primera etapa entonces debiera abrirse, la solución más simple es dejar que la válvula se cierre y hacer uso de la capacidad del separador para acumular la pequeña cantidad de producto fomado después de que la alimentación principal se haya cerrado.

Aunque la reacción principal en las cámaras catalíticas ocurre a pocas atmósferas de presión siempre es necesario tener válvulas de seguridad tanto en los reactores como en el separador del producto de la primera etapa y en el separador del reflujo. Si los gases o vapores desprendidos son inflamables o tóxicos es necesario sacarlos a la atmósfera lo más lejos posible. Como lo hemos dicho anteriormente ocurren daños en el catalizador por un exceso de temperatura y lo más conveniente es colocar alarmas en los controles de temperatura de la reacción. También se deben colocar luces indicadoras en los aparatos eléctricos tales como bombas y compresores. Para tener una mayor seguridad se deben instalar alarmas sobre los indicadores de nivel en los tanques y en el suministro de agua de enfriamiento.

Se recomienda un tablero central de control desde donde se pueda supervisar la completa operación de la planta para obtener una mayor eficiencia y más economía en el proceso.

**SELECCION DE INSTRUMENTOS:** Antes de seleccionar los instrumentos requeridos es indispensable considerar el límite y la exactitud que se necesita en cada medida, sobre todo este último punto requiere gran cuidado puesto que el costo de un instrumento está influenciado grandemente por la exactitud especificada y debe hacerse un estudio cuidadoso para determinar lo más que sea posible la exactitud necesaria. También se debe tener en cuenta para la selección de los instrumentos las propiedades físicas y químicas del material de que están construídos tales equipos y las condiciones bajo las cuales van a actuar.

El problema más difícil en la escogencia de los instrumentos es el relacionado con el tipo de control requerido sea éste de dos posiciones, proporcional, integral, proporcional e integral, etc. Desafortunadamente la decisión que se tome es primordialmente de experiencia práctica; en una planta similar ya en operación se pueden obtener datos sobre la manera como actúan las variables controladas bajo diversas condiciones de trabajo y se pueden llevar a cabo pruebas experimentales que indiquen de una manera general la forma como debe controlarse el proceso.



## COMPañIA LADRILLERA GUAYABAL LTDA.

RAMIRO TOBON R.  
de nuestra Redacción.

Medellín.

### JUNTA DIRECTIVA

Principales: Dn. Manuel de Bedout	Suplentes: Dr. Jacques de Bedout
Dr. José Luis López	Dn. Bernardo López C.
Dr. Jorge Escobar A.	Dn. Jesús López C.
Dr. Enrique Montoya M.	Dn. Iván Montoya M.
Dn. Bernardo Botero J.	Dn. Bernardo Peláez

### GERENTE

Dr. Francisco Vélez Correa.

### Secretario

Dn. Alberto Londoño González.

Administrador General:	Dn. Jaime López O.
Administrador de la Fábrica Nº 1:	Dn. Francisco López H.
Administrador de la Fábrica Nº 2:	Dn. Tulio López L.

### GENERALIDADES SOBRE LADRILLO

El ladrillo ha sido uno de los materiales de construcción más usados a lo largo de la historia de la humanidad; su uso se remonta a los primeros tiempos de la civilización del hombre y, escritos en ladrillo, se han encontrado datos de gran valor histórico, acerca de pueblos que vivieron hace 6.000 años o más. Se han encontrado ladrillos, quemados y no quemados, en las ruinas de construcciones muy antiguas en Egipto y en la India. Los romanos fabricaron y utilizaron ladrillos en los primeros tiempos de la era Cristiana y los chinos la usaron en la construcción de su muralla. A pesar de ser una industria tan antigua, no fue la primera en recurrir al empleo de maquinaria, la cual sólo se introdujo a mediados del siglo pasado, impulsando notablemente el desarrollo de la industria de la construcción.

En nuestro país se han fabricado ladrillos desde los primeros años de la Colonia, en instalaciones muy rudimentarias y sin control técnico de ninguna clase. A medida que pasaban los años se fue haciendo más y más ne-

cesaria la terminación y modernización de la industria ladrillera, y se vio la conveniencia de diversificar la producción de artículos de barro cocido. Actualmente usando maquinaria especialmente diseñada, se producen ladrillos, baldosines, tubos, etc., en mayor cantidad y de mejor calidad que los antiguos; además la diversificación de la producción ha ampliado el campo de la industria, al multiplicar los usos de sus productos.



Desde los yacimientos se moviliza el material en vagonetas. Ya en la fábrica, correas transportadoras lo movilizan a las diferentes máquinas.

En los últimos años ha venido creciendo la demanda de nuevos materiales de construcción que tratan de reemplazar al ladrillo aunque en muchos aspectos no son superiores a él. El ladrillo, por su composición, alta en sílice y alúmina, y por ser un material que ha sufrido un tratamiento térmico fuerte ( $930^{\circ}\text{C}$ ), tiene un coeficiente de dilatación bajo, comparado con los valores más bien altos de otros materiales y por esto, es muy apropiado para pisos y muros, especialmente para aquellos que van a estar sometidos a cambios considerables de temperatura.

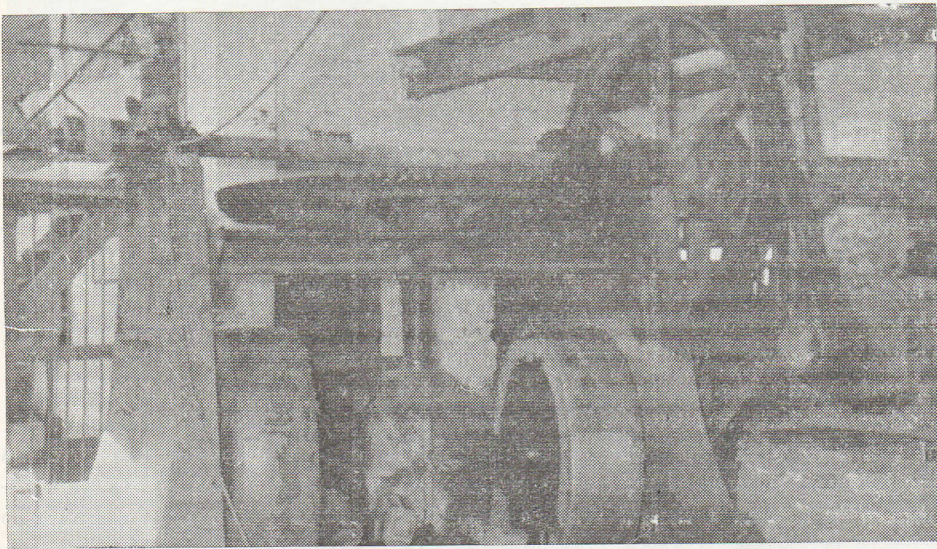
Existe la creencia, muy generalizada, de que el ladrillo es un material frágil que no soporta bien una carga grande. El ladrillo, o mejor, el barro cocido es poco resistente al impacto, pero tiene una resistencia a la compresión, que puede calificarse de muy satisfactoria; por lo tanto puede usarse, no sólo para paredes divisorias, sino para columnas que deban resistir una carga con-

siderable. Además, es un material que no requiere ninguna ornamentación ni recubrimiento, cuando se utiliza en bloques regulares y bien colocados.

Para ilustrar lo dicho, damos algunos datos de resistencia de ladrillos fabricados por la Compañía Ladrillera Guayabal Ltda., datos determinados en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad Nacional de Minas.

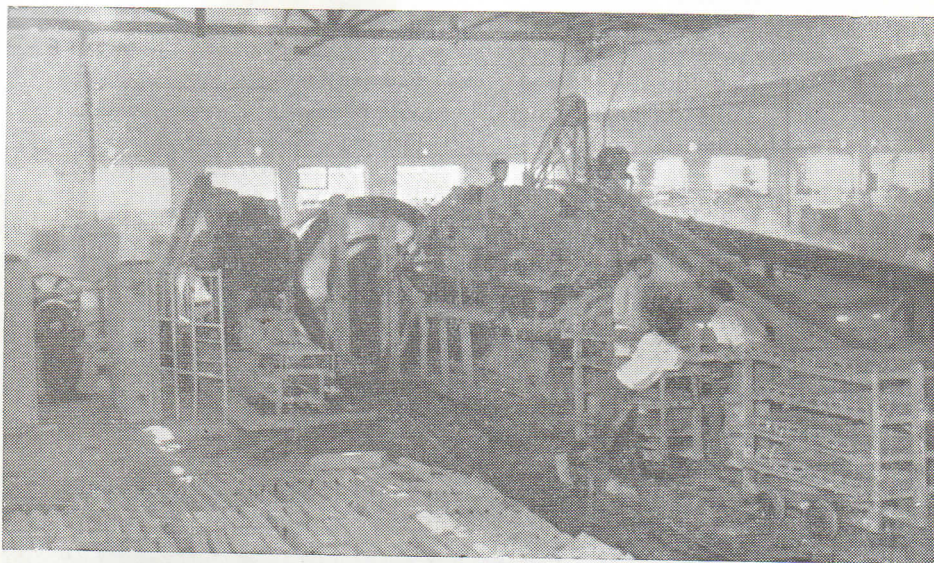
Artículo	Resistencia a la compresión	% absorción de agua
Ladrillo	600 psi.	
Tubo de barro cocido	170 psi.	11%
Tubo de cemento	110 psi.	10%

El comportamiento del ladrillo bajo la acción de estos esfuerzos permite construir con él casi cualquier tipo de casa o edificio. En nuestro país hay muchas construcciones que corroboran lo anterior, pero seguramente la más notable es la Basílica Metropolitana de esta ciudad, en la cual se puede admirar, a más de la belleza, grandiosísima, gusto artístico y atrevida arquitectura, el aprovechamiento máximo de las propiedades del ladrillo. En la construcción de la Basílica se utilizaron 1'250.000 ladrillos de diferentes formas. La Basílica es el edificio más grande de América construido totalmente de ladrillo.



MOLINO CHILENO. Mecanización en los procesos de trituración del material; este molino reemplaza el trabajo hecho por mulas.

En la tabla anterior aparecen datos de resistencia a la compresión para tubos de barro cocido y para tubos de cemento, que dan una clara idea de la resistencia del barro cocido a esfuerzos de compresión. También hay datos de absorción de agua, en la cual el cemento es ligeramente superior al barro cocido. Además, la resistencia de los tubos de barro cocido, al ataque de los ácidos es satisfactoria.



MEZCLADORA Y ARMADORA DE LADRILLOS. Con todos los adelantos técnicos, se fabrican los ladrillos. En esta máquina se humedece y homogeniza el material, y por medio de una cámara de vacío, se logra compactarlo.

Como otras ventajas del ladrillo pueden anotarse: la facilidad de recubrirlo con otros materiales como cemento, granito, etc., obteniendo combinaciones muy variadas; también aumenta día a día el uso de pequeños baldosines de barro cocido, muy resistentes a la intemperie y que dan a las fachadas una apariencia moderna y elegante.

#### COMPAÑÍA LADRILLERA GUAYABAL LTDA.

A fines de 1927 se constituyó la firma Galpón Guayabal y se hicieron negociaciones con una compañía alemana para iniciar el montaje de una fábrica de ladrillo en la fracción de Guayabal. La empresa siguió funcionando con esta razón social hasta 1947, cuando se constituyó la Compañía Ladrillera Guayabal S. A., que fue liquidada en 1952, pasando a ser una sociedad de responsabilidad limitada. En sus 31 años de existencia la empresa ha moder-

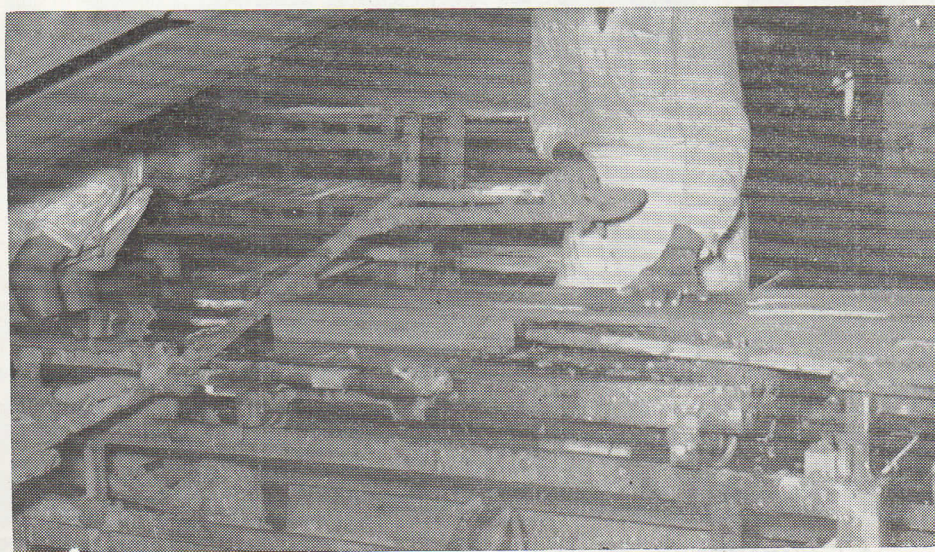
nizado cada vez más sus instalaciones, pudiendo mostrar hoy con orgullo su completa dotación.

#### MATERIA PRIMA

Las arcillas usadas como materia prima por la Compañía provienen de terrenos de su propiedad, situados a corta distancia de las Fábricas, con lo cual se evita el encarecimiento de los productos, por gastos de transporte. Sobre estos y otros terrenos se han realizado estudios muy completos, con el objeto de determinar, con toda exactitud, la composición de las arcillas y tener la seguridad de que no contienen ninguna substancia perjudicial. Se ha puesto especial interés en evitar por todos los medios la presencia de sulfatos y sulfitos de sodio, que producen manchas blancas cuando el ladrillo se expone a la intemperie; gracias a estos estudios se ha logrado dominar completamente este factor desfavorable. Los estudios han sido hechos por técnicos especialmente contratados por la Compañía en diversas épocas. La Empresa tiene, actualmente, materia prima estudiada, que le permitirá continuar su explotación durante muchos años.

#### PRODUCCION

Como dijimos atrás, la Compañía cuenta con maquinaria moderna para la producción de los diferentes tipos de ladrillos, baldosines, y tubos, así:

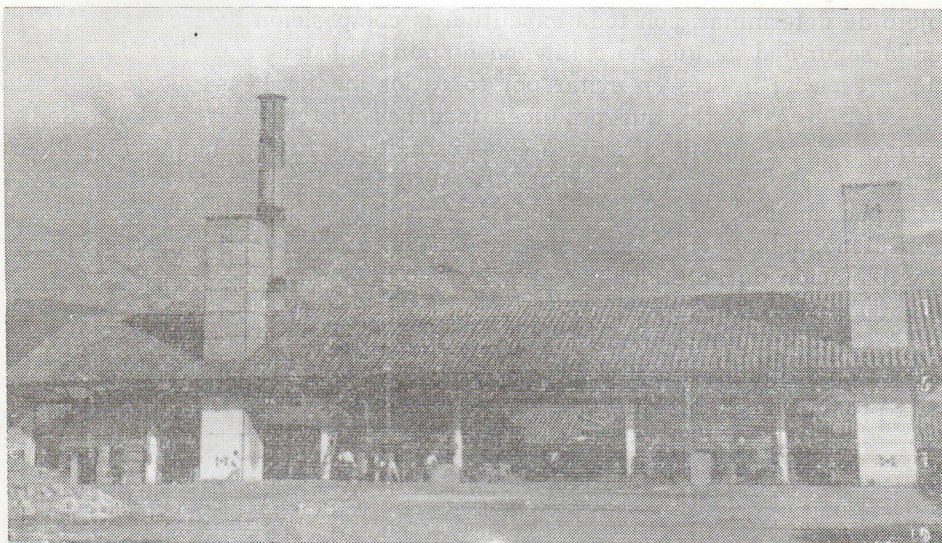


El ladrillo sale de la máquina en un solo bloque; la labor manual ha sido reducida al mínimo, como puede observarse en este detalle de la fabricación.



tres máquinas para producción de ladrillos, otra para baldosines y otra para tubos; maquinaria para preparación de las materias primas, tales como mezcladores y molinos; cuenta también con un sistema completo para el transporte de los materiales, que incluye: transportadores de banda, elevadores, vías férreas para vagonetas, etc.

Para la calcinación de los materiales que salen de las máquinas, hay instalados y en funcionamiento 7 hornos distribuidos de la siguiente manera:



**HORNOS QUEMADORES.** A temperaturas promedias de  $950^{\circ}$  C. permanece el ladrillo durante una semana, reduciéndose con esta operación al mínimo, el coeficiente de dilatación.

- 1º) Para calcinar ladrillo: dos hornos Hoffmann cada uno con una capacidad de 25.000 unidades y tres hornos Richardsson, cuya capacidad total es de 55.000 unidades.
- 2º) Para calcinar baldosines y tubos: dos hornos Richardsson.
- 3º) Los hornos Hoffmann son para trabajo discontinuo; fueron montados en 1929 y 1941 y han funcionado sin interrupción. Los hornos Richardsson trabajan en forma discontinua.

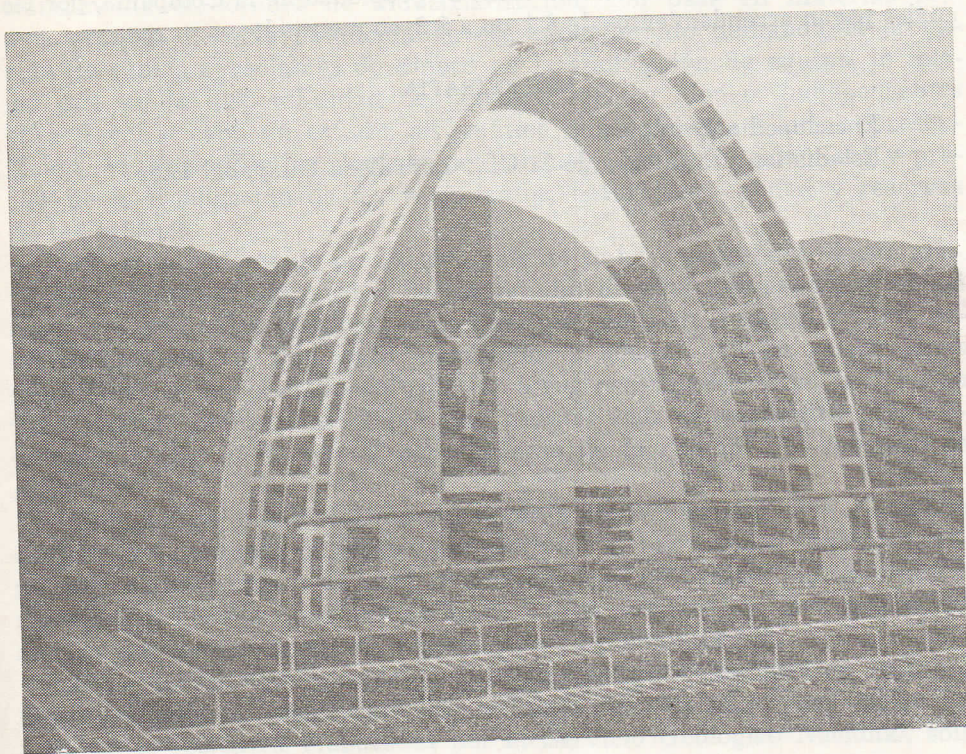
#### PRODUCTOS DE LA COMPAÑÍA

1º) **LADRILLOS** - En las tres máquinas instaladas para producir este artículo, la Compañía fabrica dos tipos de ladrillos, macizo y hueco. El macizo tiene  $20 \times 40 \times 40$  cms.; el ladrillo hueco tiene 40

cms. de largo, 20 cms. de ancho y 6, 10 o 13.5 cms. de grueso, dimensiones correspondientes a ladrillos de 2, 3 y 6 huecos respectivamente.

2º) **BALDOSINES** - La máquina para la producción de baldosines es una de las más modernas con que cuenta la Compañía; en ella el material pasa por una cámara al vacío antes de salir, en forma de cinta, por una boquilla especial. Con el vacío que se hace a la cámara se evita la formación de burbujas de aire dentro del baldosín y se obtiene un producto muy compacto y resistente, que no se deteriora ni se ennegrece por exposición a la intemperie, como sucede con baldosines moldeados a mano. En esta máquina se fabrican baldosines de 5, 9, 10, 15 y 20 cms. de ancho; 10, 20, 22 y 30 cms. de largo y 1.5, 2, 2.5 y 4 cms. de grueso.

3º) **TUBOS** - La máquina para fabricar tubos tiene un juego completo de boquillas, para los diferentes tamaños. Los tubos tienen un metro de longitud y diámetros de 3, 4, 6 y 8 pulgadas. Para redu-



Hermoso altar construído con materiales producidos por la Empresa en una de las fábricas. Ha sido utilizado el ladrillo por su excelente acabado, como decorativo, recubriéndolo únicamente con un esmalte.

cir a un mínimo la absorción de agua los tubos se fabrican vidriados interiormente y por ello requieren especial cuidado durante la calcinación.

Los datos estadísticos más recientes indican que entre 1927 y 1958 la Compañía ha producido 47.000.000 de unidades.

#### OBRA SOCIAL

La tecnificación y modernización de sus instalaciones no ha sido la única preocupación de la empresa: sus directivas han puesto un gran interés en mejorar el nivel de vida y las condiciones de trabajo de sus empleados y obreros. La empresa empezó a pagar el subsidio familiar en Julio de 1954. Se creó también una Proveduría, donde los trabajadores pueden adquirir los artículos de primera necesidad a precios de costo, los cuales, según estudio reciente, son un 11% más bajos que los de la Proveduría Departamental. La Empresa ha tratado de solucionar el problema de la vivienda y actualmente el 18% de los trabajadores habita casas de propiedad de la Compañía, por las cuales pagan arrendamientos de \$ 1.00 a \$ 2.00 mensuales.

#### BIBLIOGRAFIA

Enciclopedia Británica.

Estadística y catálogos de la Cía. Ladrillera Guayabal Ltda.



## *EL CARBON EN COLOMBIA*

**Jaime Toro Gutiérrez**

Ing. Q. - U. de A.

El conocimiento del subsuelo de un país representa la fuente de información necesaria para planificar la producción mediante programas racionalmente elaborados de industrialización, con base en materias primas propias. Pero la obtención de ese conocimiento demanda la erogación de sumas apreciables de dinero en la adquisición de equipo, lo mismo que en la disponibilidad de personal técnico idóneo, indispensables para llevar a cabo un estudio sistemático que conduzca a una representación mapificada de las riquezas del subsuelo, con definición clara y precisa de la localización de los yacimientos, naturaleza, calidad y reservas de los mismos.

Desafortunadamente en nuestro país no se ha comprendido hasta ahora, la trascendente necesidad de un estudio de esta naturaleza, y es así como las entidades técnicas existentes que podrían desarrollar tan benéfico programa se han visto supeditados a laborar con las restricciones insalvables de un presupuesto inferior a sus necesidades. Esta es la razón fundamental que explica el por qué nuestro país se encuentra prácticamente a ciegas en lo que al conocimiento de la riqueza del subsuelo se refiere.

Sin embargo, puede decirse sin lugar a equivocaciones, que el carbón constituye la riqueza mineral más positiva con que cuenta Colombia, como que estimaciones más bien moderadas que optimistas sitúan a nuestro país en primer lugar en América Latina y entre los diez países del mundo que poseen mayores reservas de este combustible.

Las reservas carboníferas de Colombia fueron calculadas en 1913 por Pereira Gamba en veintisiete mil millones de toneladas, pero según estudios más recientes, elaborados por el Servicio Geológico Nacional, solo alcanzan a diez mil millones de toneladas.

Hasta ahora el total de la producción ha sido utilizado en el consumo interno, motivo por el cual la explotación no corresponde ni en una mí-

nima parte a lo que debería ser, si se tiene en cuenta sus grandes posibilidades.

Como demostración de lo anterior puede decirse, según estadísticas recientes, que la producción anual de carbón en Colombia está calculada en un millón cien mil toneladas, lo que equivale a decir, que si se continuara a este ritmo de producción, nuestro país tendría carbón aproximadamente para diez mil años.

**Distribución por Departamentos de la producción anual de carbón en Colombia:**

Departamento de Cundinamarca	500.000 toneladas
Departamento de Boyacá	100.000 "
Departamento de Caldas	20.000 "
Departamentos Valle y Cauca	250.000 "
Departamentos Santander (Norte y Sur)	15.000 "
Departamento de Antioquia	195.000 "
Varios	20.000 "
	<hr/>
TOTAL:	1.100.000 "

De una observación rápida del cuadro anterior se deduce que las zonas más industrializadas del país como son, Bogotá, Medellín y Cali, son las de mayor producción siguiendo en importancia el departamento de Boyacá donde las Acerías Paz del Río consumen apreciable cantidad.

La minería del carbón en Colombia es en su generalidad bastante rudimentaria, debido muy posiblemente a que ella está constituida por pequeñas empresas de deficiente capacidad económica. Con ligeras excepciones, la gran mayoría de las minas se explotan con sistemas primitivos e inadecuados que no se compadecen con los modernos sistemas de explotación técnica de carbón, en donde los obreros trabajan en condiciones mínimas de seguridad e higiene, a la vez que mal remunerados, dilapidándose material humano y desperdiciándose gran parte del mineral.

La solución más viable para estos problemas está en la agremiación de los pequeños productores, en las distintas zonas carboníferas, para que se constituyan en esta forma empresas de suficiente capacidad económica que garanticen un laboreo técnico con el consiguiente aumento de la producción, así como el mejoramiento en la calidad del producto. Pero para que se justifique el aumento de la producción y se compense

adecuadamente la inversión de capital en esta promisoría industria del carbón, es imprescindible intensificar la demanda de este combustible mediante la ampliación de los mercados internos y el establecimiento de mercados externos.

No puede negarse que hasta el momento hemos sido demasiado pródigos e imprudentes en la extracción y utilización del carbón dilapidando estérilmente una verdadera riqueza. Bien sabido es que a más de la importancia del carbón en la producción de energía térmica, de él se extraen una serie de sub-productos que son materia prima indispensable para la producción de una gran variedad de productos sintéticos tales como drogas, colorantes, explosivos, etc. Esto último podría ser la base de un programa ambicioso para intensificar los mercados internos de carbón, pero si se juzga que estos proyectos son de difícil realización inmediata, podría pensarse en la utilización de nuestras magníficas reservas carboníferas, en el incremento de la electrificación del país con base en plantas termoeléctricas.

Para sustentar este hecho me permito citar una parte del informe rendido por el Padre Leuret, Jefe de la Misión Económica Francesa, al Gobierno de Colombia, que en su parte pertinente dice así: "La utilización del carbón y de los productos del petróleo, permite considerar una fase de transición que aplase los gastos considerables de una red general de electrificación".

El establecimiento de mercados externos para el carbón nacional, sería el aporte definitivo para esta gran industria. Bien sabido es que algunos países europeos como Francia y Alemania Occidental se han interesado en nuestro carbón. Lo mismo y en forma preferencial, podría pensarse en algunos países suramericanos, ya que la situación geográfica de Colombia la coloca en situación ventajosa para competir toda vez que el costo del transporte, apreciablemente inferior, disminuye el costo de nuestro producto en los países consumidores.

En este caso, debe pensarse en el Brasil cuyos carbones son de inferiorísima calidad debido al alto contenido de cenizas, lo que exige un costoso procedimiento de escogido y lavado; y que para la producción de coque metalúrgico de buena calidad debe mezclarse con carbones importados. La planta siderúrgica de Volta Redonda importa carbón de los Estados Unidos de alto y bajo contenido de volátiles.

En el año de 1957 las importaciones ascendieron a 486.000 toneladas, de las cuales 308.000 fueron de carbón de alto contenido de volátiles.

A continuación se dan los límites exigidos por dicha compañía para los carbones importados:

### Carbón de altas volátiles

Humedad	4% máximo
Materias volátiles	28-38%
Carbón fijo	57 a 67%
Cenizas	5% máximo
Azufre	0.7% máximo
Temperatura de fusión de las cenizas	1.300° C. máximo

### Carbón de bajas volátiles

Humedad	4% máximo
Materias volátiles	14 a 22%
Carbón fijo	72 a 80%
Cenizas	6% máximo
Azufre	0.7% máximo
Temperatura de fusión de las cenizas	1.315° C. mínimo

Así mismo se da en seguida la composición de los carbones importados por el Brasil para la fabricación de gas y para el consumo de ferrocarriles.

### Carbón para la fabricación de gas

Humedad	4% máximo
Materias volátiles	36% mínimo
Carbón fijo	61%
Cenizas	5% máximo
Azufre	1%
Valor calorimétrico	15.000 Btu. aprox.

### Carbón para la producción de Vapor

Humedad	2.3 %	1.2%
Materias volátiles	31.8 %	34.3%
Carbón fijo	61.5 %	60.8%
Cenizas	4.4 %	3.7%
Azufre	1.1 %	0.9%
Valor Calorimétrico	8.495 Cal.	8.073 Cal.

Los datos analíticos inmediatamente anteriores corresponden a la composición química de los carbones de pedidos diferentes.

Al incluir los resultados analíticos de estos carbones importados en su totalidad de los Estados Unidos, queremos llamar la atención sobre los resultados analíticos de algunos carbones de Colombia, muchos de los cuales cumplen los requisitos exigidos. La importación de carbón en el Brasil en 1955 fue de 1.092.295 toneladas distribuidas en la siguiente forma:

Ferrocarriles	13.7%
Navegación	4.5%
Metalurgia	48.8%
Energía térmica	0.4%
Producción de Gas	31.6%
Industrias y otros	1.0%

Los datos estadísticos y los requisitos para los distintos carbones importados por el Brasil, fueron tomados de un informe elaborado por el Consejero Económico de la Embajada de Colombia en Río de Janeiro.

Como puede observarse, las posibilidades de establecer mercados para el carbón nacional en países suramericanos y en particular en el Brasil, son muchos.

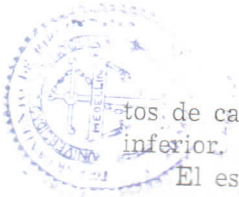
#### **Generalidades geológicas de los carbones Colombianos**

En términos generales puede decirse que con excepción de la Cordillera del Chocó se encuentra carbón en las tres cordilleras, Oriental, Central y Occidental, siendo la Cordillera Oriental la que posee los yacimientos más ricos, ya que los estratos carboníferos se presentan no solo en los flancos sino también en su interior, y con algunas interrupciones puede decirse que se extienden desde Fusagasugá hasta el norte de Cúcuta y la hoya del río César. En la Cordillera Central, al suroeste de Medellín en el Departamento de Antioquia, se encuentran también importantes yacimientos, lo mismo que en los valles de los ríos Nechí y San Jorge. En el Departamento de Bolívar en el curso alto del Sinú. Los principales yacimientos de la Cordillera Occidental se encuentran cerca de Riosucio (Caldas), Cali (Valle) y Popayán (Cauca) y en el Departamento de Nariño.

En la Costa Atlántica existen yacimientos importantes de carbón localizados al Suroeste de la Sierra Nevada (Cerrejón) y también de menor importancia en la región de Urabá. Así mismo se tienen noticias de la existencia de carbón en los Llanos Orientales, aunque todo parece indicar que estos últimos son de bajo rango.

En su mayoría los carbones colombianos pertenecen al cretáceo más superior y al terciario inferior (Eoceno). También se encuentran yacimien-





tos de carbón lignítico en el terciario medio y antracítico en el cretáceo inferior.

El espesor de los manots de carbón en las distintas regiones del país muy rara vez pasa de tres metros, pero en general los manots explotables oscilan entre 1 y 2 metros.

En general, los carbones colombianos cubren todos los rangos, desde el lignito hasta la antracita.

**Departamento de Antioquia.**—Este Departamento posee ricos yacimientos de carbón lignítico en el terciario medio y antracítico en el cretáceo oriental de la cuenca del río Cauca, cuyos yacimientos fueron estudiados detalladamente por el geólogo Emil Grosse en su obra "El Terciario Carbonífero de Antioquia". La segunda, localizada en la parte norte del Departamento, en los valles del río Nechí y San Jorge; la tercera, en la región de Urabá. Esta última no ha sido aún suficientemente estudiada, pero en levantamientos geológicos con miras a la búsqueda de petróleo, se habla de la existencia de yacimientos de carbón en esa región, muy posiblemente de tipo bituminoso. También se menciona la existencia de carbón lignítico en esta región. Puede decirse que los carbones de la cuenca del río Cauca en Antioquia, constituyen los yacimientos más importantes de ese departamento.

Aunque en el Departamento de Antioquia no existe sino la clasificación de unos pocos carbones, puede decirse que en él existe toda la serie desde el lignito hasta la antracita, pero todo parece indicar que el carbón predominante es el bituminoso.

**Departamento de Boyacá.**—El Departamento de Boyacá cuenta con riquísimos yacimientos de carbón. La calidad de los carbones es bastante variable, como que varía del subbituminoso A, a bituminoso de altas volátiles C., hasta la antracita con claro predominio de los carbones bituminosos de altas volátiles.

**Departamento de Cundinamarca.**—Los yacimientos de carbón del Departamento de Cundinamarca son también muy importantes y de ellos se extrae casi la mitad del carbón producido anualmente en Colombia. Su calidad es también muy variable. La clasificación se inicia con un carbón de rango subbituminoso C. y termina con un carbón de rango antracítico. Los carbones bituminosos de altas volátiles son los más comunes en Cundinamarca.

**Departamento de Caldas.**—En el Departamento de Caldas la zona carbonífera más interesante está localizada en la margen occidental del río Cauca, por los lados del Municipio de Riosucio, entre los ríos Supía y Riosucio. Estos carbones pertenecen a la misma formación carbonífera de An-

tioquia y sus reservas fueron calculadas por el ingeniero Gabriel Llanos en cerca de dos millones de toneladas.

Los carbones correspondientes a este Departamento, pertenecen al rango de los bituminosos de altas volátiles.

**Departamento de Santander.**—Los carbones del Departamento de Santander están localizados en 2 zonas principales: la primera que se extiende a lo largo del flanco oriental del río Magdalena, desde Landázuri hasta el Municipio de Lebrija; esta zona es la más extensa. La segunda zona, que es menos importante, está localizada en una faja angosta que va desde Capitanejo hasta el norte de Málaga. Fuera de estas dos zonas principales, existen también yacimientos en los alrededores del Municipio de San Gil.

La calidad de los carbones de Santander es variable. Son frecuentes los carbones de alto rango, como los bituminosos de bajas volátiles, semiantracitas y antracitas.

**Departamento de Norte de Santander.**—Según estudios realizados por el Instituto Geológico Nacional, existen dos formaciones que contienen carbón y son: Los Cuervos que pertenece a Eoceno y carbonera perteneciente al Oligoceno. Esta última formación es poco importante. Las minas de Santa Elena, Santa Isabel, San Rafael, pertenecientes a la formación Los Cuervos, constituyen la fuente de abastecimiento más importante de este departamento y pertenecen al rango de los bituminosos.

**Departamento del Valle del Cauca.**—La zona carbonífera del Valle del Cauca y del Cauca es la que presenta perspectivas más inmediatas para la exportación de carbones colombianos. Sus yacimientos han sido profusamente estudiados desde hace algún tiempo por el Instituto Geológico Nacional y por el Instituto de Fomento Industrial, entidad que llevó a cabo la construcción de una planta lavadora de carbones en el Municipio de Yumbo, y por la Corporación Carbonera Colombiana. La planta lavadora de Yumbo podrá mejorar, cuando sea necesario la calidad de los carbones producidos en esa región, para que reúnan las especificaciones exigidas por los compradores de este combustible.

Los carbones del Valle del Cauca y del Cauca son de calidad variable, pero la mayoría pertenecen al rango bituminoso con la desventaja de que tienen un contenido de cenizas relativamente alto.

**Departamento del Magdalena.**—A este Departamento y cerca al límite con el territorio de la Goajira, se encuentran los ricos yacimientos de El Cerrejón, que constituyen, por la calidad del carbón y por la magnitud de sus reservas, lo mismo que por su situación geográfica, otra zona carbonífera de condiciones excepcionales para una explotación intensa, con miras

a la exportación. Los carbones de El Cerrejón son en promedio de tipo bituminoso de altas volátiles.

A continuación se dan los valores límites de cada una de las determinaciones que se hacen comúnmente en un carbón, tomadas de una gran cantidad de análisis hechos sobre muestras tomadas de 6 clavadas todas con profundidad de 30 mts.

Los valores siguientes deben entenderse con base en carbón seco:

Cenizas	1.7	—	5.2%
Azufre	0.5	—	1.0%
Materias volátiles	38.3	—	43.2%
Hidrógeno	5.3	—	5.4%
Carbono fijo	52.6	—	59.2%
Nitrógeno	1.0	—	1.8%
Carbón total	77.3	—	78.7%
Oxígeno	11.2	—	11.9%
Btu. por libra	13.500	—	13.890
Punto de fusión de cenizas (temperatura de ablandamiento)		2.230°F	2.570°F

Como puede verse en los datos anteriores, los carbones de El Cerrejón son bastante uniformes en calidad.

El Instituto de Fomento Industrial ha hecho un detenido estudio de los yacimientos de El Cerrejón, y ha llevado a cabo una exploración intensiva que ha mostrado que las reservas probadas, es decir, medidas en sus 3 dimensiones, ascienden a 40 millones de toneladas y las reservas probables dentro de los límites de la concesión, llegan aproximadamente a 200 millones de toneladas de carbón.

**Nota de la R.:** Se ha dado una corta descripción de los departamentos cuyos yacimientos carboníferos son más importantes. A los interesados, recomendamos el trabajo de tesis del autor, "El carbón y sus aplicaciones", donde se muestran en cuadros, los análisis completos de algunos carbones con su clasificación respectiva, tanto de los carbones de los departamentos mencionados anteriormente como de otras zonas geográficas cuyos yacimientos son de menor importancia. Dicho trabajo, puede consultarse en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Química, U. de A.



## **RIESGOS CONTRA LA SALUD Y LA SEGURIDAD EN PROCESO DE PINTURA A PISTOLA Y METODOS DE CONTROL**

**Por Jaime Gallón Ruíz**  
Ingeniero Químico U. de A.  
Servicio Higiene Industrial SCISP,  
Ministerio de Salud Pública,

La época de la "brocha gorda" prácticamente ha entrado en franca decadencia ya. El uso de ésta está relegado hoy a operaciones en pequeña escala y en donde aún se usa en escala apreciable o grande puede asegurarse que se está estudiando la forma de virar hacia el uso de las pistolas, sistema más económico y eficiente para las empresas mismas.

El progreso trae consigo, de ordinario, la aparición de algunos problemas que no existían antes y, con mucha frecuencia, el agravamiento de otros ya existentes. Esto es especialmente cierto en el campo de la Salud Pública en general y de la Higiene Industrial, rama de ésta, en particular. Algunos ejemplos nos servirán para confirmar estas expresiones anteriores. El paso de la barra, el pico y la pala a los martillos neumáticos y eléctricos y a las palas mecánicas aumentó enormemente la cantidad de polvo en los medios ambientes de trabajo y hasta cierto punto aumentó los riesgos de accidentes eléctricos, por aire comprimido, mecánicos y de otros órdenes para los trabajadores en esas labores. De los millares de productos químicos nuevos que han llegado a desplazar a otros con grandes ventajas técnicas hay muchos de gran toxicidad. De estos constituyen un patético ejemplo los insecticidas modernos, de gran utilidad como tales pero de mucha mayor toxicidad para el hombre. De gran actualidad, cabe aquí mencionar los grandes beneficios que ha traído a la humanidad y los muchos más que le prestará en el futuro el uso de las sustancias radioactivas pero al mismo tiempo no podemos dejar de pensar en los tremendos y terribles riesgos contra la salud y la vida que ellos envuelven. Similar, aunque (tal vez) en menor escala, es el caso del cambio de la pintura a brocha a la pintura a pistola.

Aunque el título comprenda principalmente los riesgos en la operación de pintura a pistola quiero aprovechar la oportunidad para mencionar brevemente también los riesgos en la pintura a brocha y en el secado de la pintura.

Dos peligros principales existen en estas operaciones, así: uno contra la salud porque pueden contener sustancias tóxicas y el otro contra la seguridad porque son inflamables, explosivos.

El riesgo contra la salud lo constituyen los vapores de los solventes o vehículos líquidos (tinners) siendo uno de los más tóxicos el benceno y uno de los menos la acetona. También, algunos de los pigmentos son tóxicos siendo entre los más aquellos a base de plomo, antimonio y cromo y prácticamente inofensivos los de hierro y zinc.

Los métodos más importantes para controlar los peligros para la salud en las operaciones de pintura a brocha son los siguientes:

- 1)—Usar pinturas que contengan pigmentos y solventes lo menos tóxicos que sea posible;
- 2)—Usar ventilación adecuada;
- 3)—Usar ropa de protección adecuada;
- 4)—Buena higiene personal.

Al hablar de operaciones de pintura a brocha debe entenderse trabajos comunes de reparaciones de edificios, maquinaria, etc. Si las operaciones comprenden un trabajo de producción es necesario adoptar medidas adicionales.

Por ventilación adecuada para estas operaciones comunes de pintura a brocha debe entenderse la ventilación proporcionada por puertas y ventanas abiertas, en salones bien aireados. Cuidados especiales adicionales son necesarios si los pigmentos o los solventes son muy tóxicos. Si es necesario trabajar en cuartos pequeños, no muy aireados ni con adecuada ventilación natural, se deben utilizar medios mecánicos tales como ventiladores o sopladores.

Si no es posible disponer de ventiladores o sopladores es necesario utilizar un respirador con su propio abastecimiento de aire y aprobado por el Comité de Minas de los Estados Unidos.

Como en la mayoría de las operaciones industriales la Higiene Personal es muy importante en las de pintura. Las manos y la cara deben lavarse frecuentemente, los vestidos deben cambiarse con frecuencia también. Debe evitarse llevar las manos u objetos sucios a la boca. En general, practicar las otras buenas y comunes normas de higiene personal.

Los artículos una vez pintados requieren, por lo general, secado. Las operaciones de secado deberán efectuarse en hornos, cuartos o túneles pro-

vistos de ventilación mecánica de aspiración local. Para garantizar que no haya peligro para la salud la rata de movimiento de aire en estas operaciones debe ser, por lo menos, de 100 pies/min. a través de todos los agujeros de la cámara de secado. Es necesario tener muy presente que el aire extraído no vuelva a entrar a las salas de trabajo ni causar molestias o perjuicios al vecindario.

El punto principal a tratar es el de los métodos para controlar los peligros para la salud en las operaciones de pintura a pistola. Los principales de ellos son: 1) Usar pinturas con los solventes o pigmentos menos tóxicos o que no lo sean. 2) Usar gabinetes y cuartos provistos de ventilación mecánica de aspiración local. 3) Ropa y equipos de protección personal adecuados y 4) Buena higiene personal.

El primero y el último de estos métodos han sido tratados en las operaciones de pintura a brocha. Nos ocuparemos ahora de los sistemas de ventilación de aspiración mecánica y de los equipos y la ropa de protección personal.

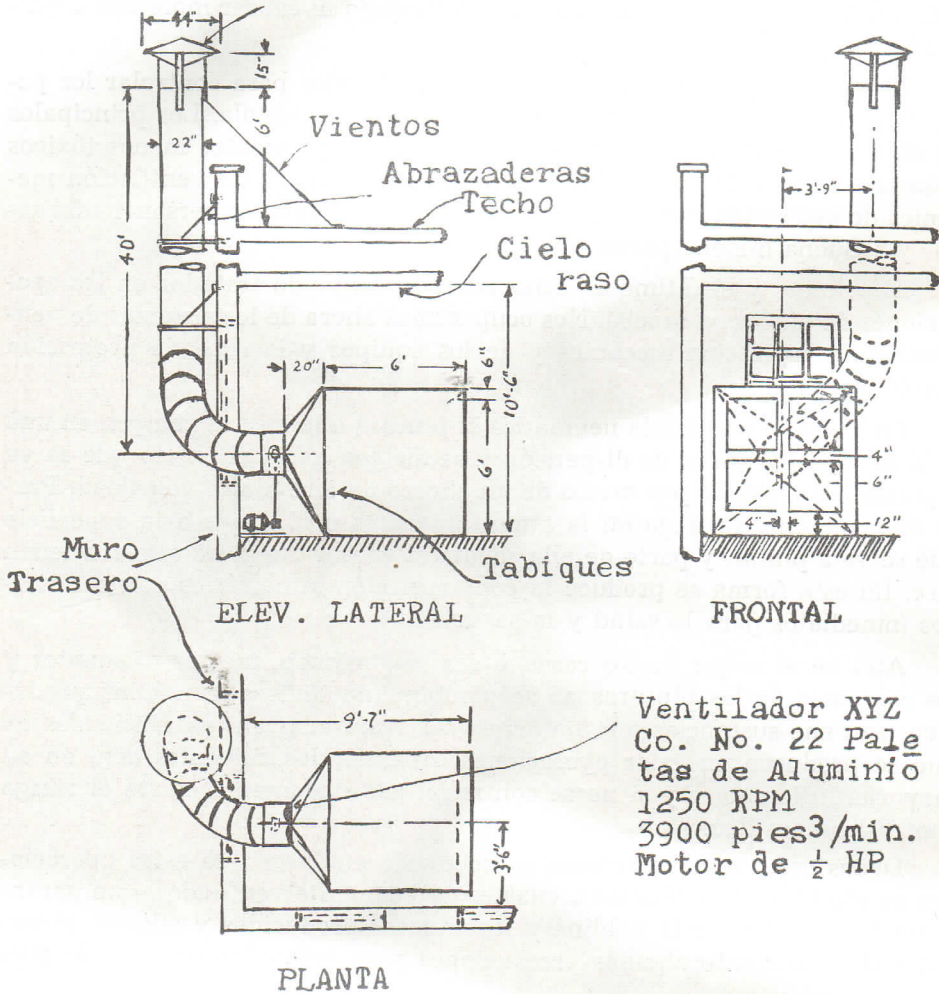
En la pintura a pistola neumática la pintura o la laca se rompen en una neblina en la boquilla de dispersión y se dirigen hacia el objeto que se va a pintar o a recubrir por medio de un chorro de aire a alta velocidad. Parte de la neblina se riega en la atmósfera antes o al llegar a la superficie que se va a pintar, y parte de ella rebota al chocar las gotas que contienen aire. En esta forma se produce la contaminación atmosférica con sus riesgos inmediatos para la salud y la seguridad.

Aun en el mejor de los casos, o sea, suponiendo que los pigmentos y los solventes de las pinturas no sean altamente tóxicos la neblina producida contiene sustancias que no deben ser respiradas en las cantidades en que se producen en estas operaciones. Además, los solventes son, en su mayoría, inflamables y si no se controlan adecuadamente existe el riesgo contra la seguridad.

Dadas estas consideraciones es necesario entonces que estas operaciones se efectúen en gabinetes o cuartos debidamente ventilados, que garanticen la remoción de la neblina y los vapores producidos y además observar cuidadosamente algunas precauciones para evitar los peligros de fuego y explosión.

Una ventilación de control eficiente da como resultados los siguientes: protección del trabajador, un producto satisfactorio, limpieza interior de la planta y la eliminación de problemas potenciales de contaminación de los vecindarios por olores de los vapores de los solventes o sedimentación de los pigmentos.

Fig. No 1 - GABINETE PARA PINTURA A PISTOLA  
Sombrero normal



Ventilador XYZ  
Co. No. 22 Pale  
tas de Aluminio  
1250 RPM  
3900 pies<sup>3</sup>/min.  
Motor de 1/2 HP

150 pies<sup>3</sup>/min. en la  
zona de respiración  
(el operador dentro  
del gabinete)

Los requisitos de ventilación para control de los riesgos contra la salud son tan rígidos que si se observan de hecho quedan controlados los peligros de explosión. La Concentración Máxima Permisible (para jornadas diarias, continuas, de 8 horas a condiciones normales) es bastante menor que el límite de explosividad para los solventes.

Es necesario tener en cuenta que las operaciones de pintura a pisto- no pueden efectuarse en cualquier lugar de la planta para poder garanti- zar un control efectivo como es necesario. Es claro que deben ejecutarse en los lugares que más se acomoden al proceso seguido pero hay que tener siempre presente al localizarlas que ellas necesitan control por ventilación para hallarles el sitio más apropiado.

Varios factores es necesario considerar al diseñar gabinetes o cuartos para pintura a pistola, así:

#### **A - Volumen de aire que debe extraerse**

Este es un criterio básico y es una función del tamaño del gabinete y las características de la operación. Un cálculo apropiado del volumen de aire que se va a extraer sirve para controlar los vapores de los solventes, dar la tónica para las velocidades de control que es necesario mantener en los gabinetes y facilita la selección del ventilador, la tubería, el número necesario de filtros, los caballos del motor y la cantidad de aire que debe suministrarse al edificio para reemplazar el aire extraído.

La velocidad de control, en la mayoría de los casos, varía entre 100 y 150 pies/min. Una vez decidido cuál es el tamaño más conveniente del gabinete se puede calcular el volumen de aire por medio de la ecuación:

$$Q = V \times A$$

Q = volumen de aire que debe extraerse en pies<sup>3</sup>/min.

V = velocidad de control en pies/min.

A = area seccional del gabinete.

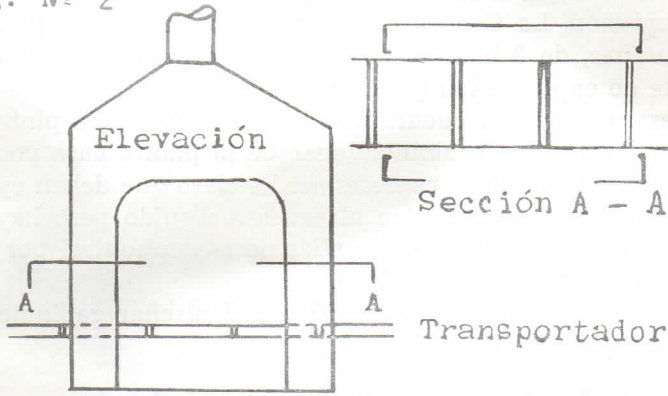
Para gabinetes excesivamente grandes se puede tomar una velocidad de control de 75 pies/min. Para estos casos el operador necesita un equipo de protección respiratoria con su propio abastecimiento de aire.

#### **B — Tamaño y forma de los gabinetes**

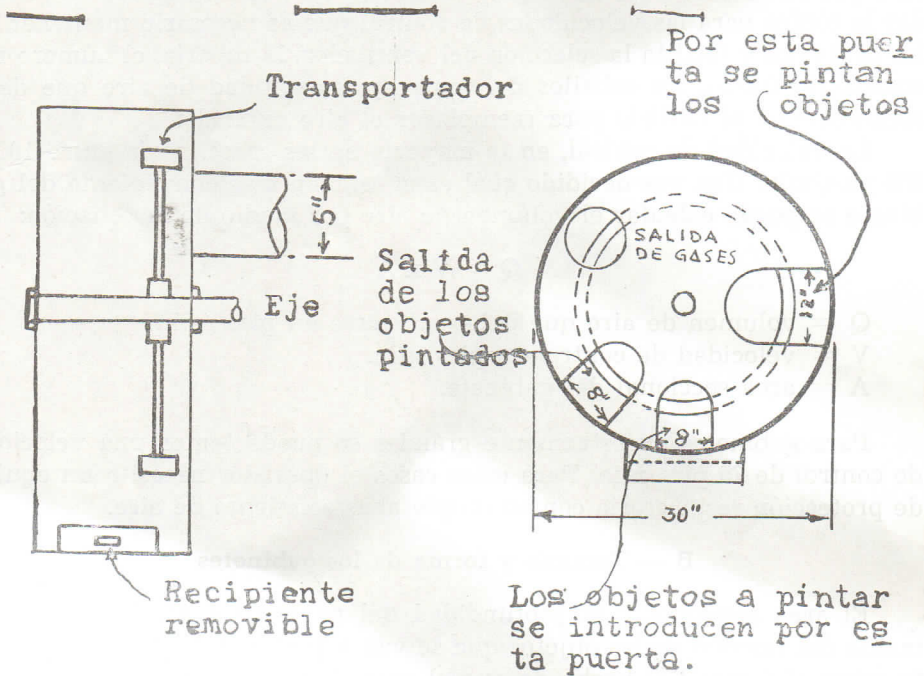
El area seccional y la profundidad del gabinete dependen principal- mente del tamaño de los objetos que se van a pintar. Influye especialmen- te sobre el tamaño el hecho de que el operador vaya a trabajar dentro o fuera del gabinete.



Fig. No 2



TIPO DE GABINETE PARA PINTURA EN SERIE  
(Transportador Mecánico)



MESA ROTATORIA PARA PINTURA A PISTOLA

Si se va a trabajar desde fuera del gabinete, como es lo ideal, se debe procurar que el area seccional sea lo más pequeña que el trabajo lo permita. Aquí juega especial papel la profundidad del gabinete. Esta debe ser mayor que las dimensiones del objeto a pintar para que la pistola permanezca lo más adentro posible del gabinete mientras se usa. Así se rebaja el escape o rebote de neblinas o vapores al chocar contra el objeto a pintar. La presión de la pistola influye mucho también porque el rebote y la turbulencia aumentan con la presión del aire.

Si el operador tiene que permanecer dentro del gabinete este debe ser lo más amplio posible para que aquel pueda sostener la pistola lo más lejos de su cara, para su propia conveniencia. La amplitud debe ser tal que el operador pueda alcanzar todas las partes a pintar sin tener que interponerse entre la descarga de la pistola y la salida del aire.

Debe tenerse como norma que el gabinete no sea más grande de lo necesario porque mientras más grande sea el area abierta mayor tendrá que ser el volumen de aire requerido para el control. Si es necesaria dejar aberturas laterales, bien sea para facilitar el transporte o el trabajo mismo, o con cualquier otro fin, se debe procurar que ellas sean lo más pequeñas posibles y en el cálculo del volumen de aire se debe incluir el que se mueva a través de estas aberturas.

La estructura del gabinete debe ser diseñada en tal forma que su mantenimiento sea fácil porque es claro que en los procesos de pintura a pistola se presentan muchos factores que contribuyen a crear problemas con relación al estado de limpieza de la planta y los equipos así como también de los riesgos de incendio.

### **C — Rata de ventilación — Velocidad de control**

La rata de ventilación que es necesario mantener en los gabinetes de pintura a pistola se determina por la velocidad del aire, a través de la zona de operación, requerida para prevenir el escape de los contaminantes hacia el aire que deben respirar los operadores. Para gabinetes pequeños, en general, se recomienda una velocidad de control de 180 pies/min. y de 100 — 150 pies/min. para gabinetes más grandes. Es necesario recordar que un factor muy importante, que influye en la velocidad de control, es el tamaño del area abierta; mientras menor sea esta mayor será aquella. El area abierta debe ser lo menor que sea posible sin afectar las condiciones de trabajo y de control mismas.

Si el operador tiene que trabajar dentro de un gabinete como e' mostrado en la Fig. 3 debe crearse la velocidad mínima del aire a la altura de

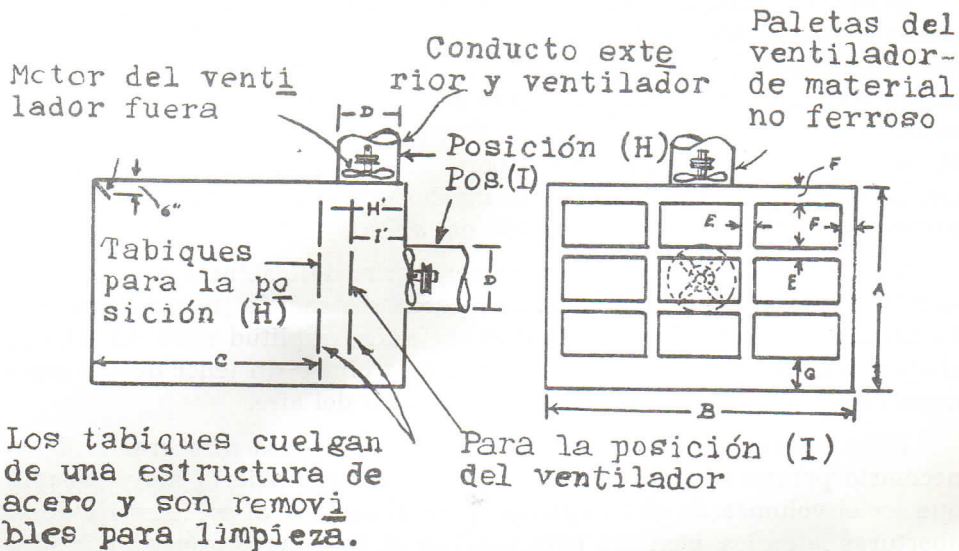


Fig. No 3 - GABINETE PARA PINTURA A PISTOLA

- 1) Profundidad del gabinete entre el frente y la línea de tabiques (C en la figura)
  - a) Para automóviles: 22 pies
  - b) Para camiones: longitud del camión + 6 pies
  - c) Para otros trabajos: suficiente para acomodar lo que se va a pintar y que la pistola quede dentro del gabinete.
- 2) Localización de los tabiques (H' o I')
  - a) H' : diámetro del ventilador D + 6 pulgadas
  - b) I' : 0.75 x D (diámetro del ventilador).
- 3) Requisitos de velocidad del aire
  - a) Para materiales altamente tóxicos y para gabinetes pequeños (de área abierta no mayor de 4 pies<sup>2</sup>) : 200 pies/min. a través de la abertura.
  - b) Para otros: 150 pies/min.
- 4) Capacidad del ventilador en pies<sup>3</sup>/min.
  - a) Para materiales altamente tóxicos y gabinetes pequeños (de área abierta no mayor de 4 pies<sup>2</sup>) : 200 x A x B' pies<sup>3</sup>/min.
  - b) Para otros: 150 x A x B pies<sup>3</sup>/min.
- 5) Diámetro de la tubería de salida  
Debe calcularse para una velocidad de 2.000 pies/min.

la zona de respiración y la dirección debe ser horizontal a través del gabinete. El flujo de aire para este caso está representado por:

$$Q = V_m \times A \times B$$

$$Q = \text{pies}^3/\text{min.}$$

$V_m$  = velocidad lineal mínima

A y B = dimensiones del area abierta del gabinete.

#### **D — Distribución de aire en el gabinete**

El flujo de aire debe ser bien distribuído a través de toda la zona abierta del gabinete. Para obtener una buena distribución se debe considerar cuidadosamente la colocación del ventilador. La entrada del aire al gabinete influye mucho también, así es necesario analizar que no haya muros o maquinarias que desvíen las corrientes de aire, que no haya fuertes corrientes de aire, naturales o artificiales, que afecten la dirección de la entrada de aire al gabinete.

#### **E — Tabiques — Limpieza de aire**

El gabinete de cortina de agua es muy común hoy en día. Este sistema funciona como extractor del aire y al mismo tiempo como limpiador.

Se usan también varios tipos de desviaciones o tabiques y varios tipos de filtros. Los tabiques sirven como placas de choque para recolección de partículas de pintura y evitar que muchas de estas lleguen hasta el ventilador lo cual reduce notoriamente su eficiencia y constituye un riesgo de incendio.

Sirven además para evitar que muchas partículas de pintura salgan por las chimeneas y causen molestias y perjuicios al vecindario y contaminación atmosférica, la cual, junto con la ocasionada por muchas otras industrias, constituye serios problemas.

Los filtros pueden ser de dos clases principales: 1) Aquellos que una vez obstruídos se botan o 2) Aquellos que pueden limpiarse y lavarse y ser utilizados de nuevo. En las figuras 1 y 2 se muestran detalles de colocación, muy característicos, de tabiques. La figura 1 muestra detalles sobre construcción e instalación de un gabinete pequeño.

#### **F — Selección del ventilador y las tuberías**

Como bases se toman el volumen de aire que se debe extraer y la resistencia del sistema a instalar (presión estática). Son factores muy impor-

tantes y necesarios para ordenar ventiladores; su influencia es tan marcada que, por ejemplo, un ventilador escogido para extraer 10.000 pies<sup>3</sup>/min. con descarga libre solo extraerá 5.000 pies<sup>3</sup>/min. a una presión estática de 1/8".

Para la mayoría de los casos se puede utilizar un ventilador de discos y una tubería de diámetro tal que la velocidad sea de 2.000 pies/min. la cual está de acuerdo con los requisitos para el control. Cuando es necesario instalar sistemas de descarga muy largos puede ser más económico emplear tubería más angosta, con mayor velocidad del aire y un ventilador centrífugo.

Deben seguirse las buenas prácticas en instalaciones de tuberías con respecto a codos, desviaciones, reducciones, ampliaciones, sombrero de protección de la intemperie, etc.

### **G — Punto de descarga del ventilador**

Considerar especialmente que el aire descargado por el ventilador no vuelva a entrar a los salones de donde se extrajo ni a otros de la fábrica así como tampoco que vaya a causar molestias o perjuicios a las residencias, edificios o industrias del vecindario.

El punto de descarga se debe extender por menos 2 metros por encima del techo.

### **H — Entradas de aire (aire de sustitución)**

Una buena práctica es reemplazar el aire extraído con una cantidad igual de aire nuevo siempre que el movimiento del aire sea superior a 3 cambios/hora. Esto ocurre en la mayoría de los casos en donde se trabaja pintura a pistola.

El aire y las condiciones de entrada deben llenar ciertos requisitos, así: 1) Ser limpio para evitar perjuicios en las superficies pintadas. 2) Las aberturas de entrada deben colocarse en tal forma que no interfieran el movimiento del aire ocasionado por el ventilador (extractor). 3) Si el aire exterior está muy frío (países con estaciones, principalmente) debe precalentarse antes de esparcirlo en las salas de trabajo.

### **I — Prevención de fuego**

Varios aspectos requieren especial cuidado:

a) Todas las partes del sistema de ventilación deberían ser construídas con materiales resistentes al fuego.

b) Las superficies interiores de los gabinetes deberán ser de materiales que puedan limpiarse con facilidad para impedir acumulación de pintura.

c) Las paletas del ventilador deben ser de metal no ferroso, que no produzca chispas.

d) La iluminación de los gabinetes debe hacerse mediante lámparas de seguridad. Tener mucho cuidado con las instalaciones eléctricas.

e) Las pinturas y los tiners deben almacenarse en sitios a prueba de fuego y las mezclas necesarias deben prepararse también en estos lugares los cuales deben estar provistos de una buena ventilación.

f) Prohibir fumar en esas areas.

g) Un excelente programa de mantenimiento (limpieza, aseo, orden, etc.).

### J — Equipo de protección personal

Los sistemas de ventilación para gabinetes pequeños, en los cuales el pintor trabaja desde afuera, deben ser calculados, construídos y mantenidos en tal forma que los operadores no requieran protección respiratoria. Otro es el caso cuando los operadores tienen que permanecer dentro del gabinete. Se puede afirmar que en éste no hay un sistema de ventilación que proteja completamente al trabajador sin necesidad de protección respiratoria adicional. Tendría que ser mediante unos movimientos enormes de aire que crearían otros problemas tales como: costo exagerado, creación de presiones negativas, enfriamiento, etc. Lo más recomendado para estos casos es una ventilación que dé una velocidad de alrededor de 75 pies/min. en el area abierta y el uso de equipo apropiado de protección respiratoria. Se requieren máscaras con un propio abastecimiento de aire, independientemente del aire del gabinete.

El Servicio de Higiene Industrial está en capacidad de ayudar a las industrias para mejorar las condiciones de las salas de pintura de acuerdo con la exposición anterior, mejorar las instalaciones mediante diseños apropiados, colaborar en el diseño de las que no tienen sistemas de ventilación o de las que se vayan a instalar por primera vez, recomendar los equipos de protección adecuados y aprobados y, en general, de ayudar a las industrias, en forma gratuita, a solucionar problemas que afecten la salud de sus trabajadores.



## *APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA ESTADISTICA*

Yo comprendo muy fácilmente la perplejidad de las personas cuando oyen hablar de estadística por todas partes a pesar del escaso número de estadísticos que hay. Pero no comprendo, y esto es lo chocante, la falta de curiosidad científica o filosófica de preguntarse el por qué de las cosas. Se diría que poco a poco el automatismo ha penetrado en nuestra mente y la consideramos como un carro viejo imposible de transformar en uno nuevo. Es así, cómo en general las personas van avanzando con ideas preconcebidas que estiman inmutables. Es para mí un placer tener la oportunidad de entrar en contacto con ustedes, porque sé el fin que persiguen, y éste es el de la inquietud científica la cual llamaría yo también filosófica, porque de la inquietud salió el saber y esa inquietud es filosofía.

A lo largo de nuestro discurso, vamos a tomar un tema concreto en el cual podamos hacer reposar y concretar nuestras ideas. Este tema concreto será cómo hacer el estudio de las características de la lana que recibe una fábrica para su posterior elaboración.

Siempre que una fábrica recibe materias primas, debe hacer chequeos para determinar las características que reúne el artículo adquirido, con el objeto de saber el empleo adecuado de las mismas, o en caso de no reunir los requisitos exigidos por la fábrica y pagados en su importe, devolverlos al que los vendió.

La lana tiene entre sus características la de la limpieza que se define como la fracción de lana limpia que queda después de diversas operaciones de desengrase y reducción química que se realizan para llevarla a un determinado contenido de humedad y ceniza. Esta operación se realiza con un ru-

---

**N. de la R.:** El presente artículo es el texto de una conferencia dictada por el **Dr. Angel Díaz y Díaz**, Profesor de la Facultad de Economía de la U. de A., como culminación de un ciclo de conferencias sobre Estadística, recibidas por los estudiantes de los dos últimos años de esta Facultad. Este ciclo de conferencias estuvo a cargo de Gildardo Ortega, aventajado estudiante de último año de la Facultad de Economía y del Dr. Díaz.

INGENIERIA QUIMICA, en nombre de los estudiantes de la Facultad, hace llegar al Sr. Ortega y al Dr. Díaz su más sincero saludo de gratitud, por la colaboración que prestaron para la realización de este interesantísimo ciclo de conferencias.

tinario método químico. Sin embargo si realizamos diversas experiencias sobre diversas porciones de lana, veremos que cada valor resultante del experimento arroja una cifra distinta. Sirve esto de desánimo al químico y puede pensar en la ineficacia de su método? Estoy seguro que muchos piensan así. A pesar de ello, la cosa es distinta. Si el químico investigador realiza muchas experiencias y forma el histograma de frecuencias, observará que no es un histograma caprichoso sino que tiene una cierta ley. Si en otra lana distinta repite con insistencia investigadora sus mismos ensayos y forma el histograma de frecuencias, observará en general, con gran sorpresa, cómo ellos se parecen entre sí en su forma. En estos histogramas de frecuencia, observará una cierta concentración de valores alrededor de ciertos puntos: observará una cierta discrepancia o dispersión de los valores entre sí.

La medida de centralización indicará cuándo una lana tiene una mejor limpieza que otra. La dispersión nos indicará la regularidad de la limpieza de la lana. Obsérvese que no siempre resulta lo más ventajoso que una lana venga más limpia que la otra. Puede ocurrir que lo que más nos interese sea la uniformidad de la lana. La interpretación de ello es cuestión técnica del Ingeniero Químico.

Lo primero que nos preguntamos es, cuántas experiencias serán necesarias para conocer a un bajo costo cuál será el grado de limpieza media de la lana y cuál su dispersión o falta de uniformidad.

Este es el problema fundamental de la inferencia estadística. El problema se desglosa en dos partes: la primera parte estudia cómo deben seleccionarse las porciones para ser sometidas a los ensayos, y cuál debe ser el número de porciones a chequear para obtener una fiabilidad deseada compatible con el costo.

La lana se recibe en pacas, con un peso de 200 a 1.000 libras, dependiendo del país o región de origen. La zona que presenta mayor variación, es la zona de la dirección de la compresión de la paca, por tanto, las muestras o porciones de lana a ser chequeadas, se obtienen perforando la paca en la dirección de la compresión de  $1 \frac{1}{8}$  a 2 pulgadas de diámetro y de 8 a 18 pulgadas de longitud, dependiendo de la densidad de la paca. La primera pregunta a formular, será dónde debemos efectuar la perforación. Si dejamos a elección personal efectuar la perforación, encontraríamos que seguramente estas perforaciones se habrían hecho en los puntos de menor resistencia o en los más atractivos a juicio de quien toma la muestra, pudiendo así obtener graves errores. Esto es lo que se llama un muestreo opinático. Para evitar esto, se considera un sistema de coordenadas definido por dos de los bordes de la paca. Sea  $(X, Y)$  las coordenadas de los puntos de la parte superior de la paca. Para determinar un valor de  $X$  y otro valor de  $Y$  exento de toda influencia personal, podríamos hacer lo siguiente: supongamos que la longitud de la



paca, sea de 1,50 metros y que dispongamos de un dado perfecto de diez caras numeradas del 0 al 9. Tiraríamos una vez el dado; supongamos que nos salga el valor 3, entonces desechamos este número. Obtengamos después 0 y anotamos 0, y en posteriores tiradas obtengamos el 2 y el 9, entonces la coordenada elegida sería 0,29 metros. Para evitar este inconveniente de tener que disponer de un dado con estas características se dispone de unas tablas que se llaman tablas de números aleatorios que podemos considerarlas como la tabulación de los números obtenidos después de lanzar muchas veces el dado. De esta manera es como se debe escoger los valores de X y de Y que determinan el punto a ser perforado en la paca de lana. El interrogante siguiente es el de determinar cuántas perforaciones debemos hacer en cada paca y cuántas pacas debemos de seleccionar para poder obtener el grado de limpieza medio de las pacas con una aproximación determinada y a un costo mínimo.

Supongamos que hayamos recibido M pacas y que de cada paca hacemos un número grande, n, de perforaciones que llamaremos muestras y que después de hacer el ensayo químico, obtengamos como valor del grado de limpieza  $X_{ij}$ , relativo a la muestra i obtenida en la paca j.

Estos valores pueden tabularse en el siguiente cuadro:

PACAS

Muestras	1	2	3	.....	j .....	M
	<u>        </u>	<u>        </u>	<u>        </u>		<u>        </u>	<u>        </u>
1º	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	.....	$x_{1j}$ ....	$x_{1M}$
2º	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	.....	$x_{2j}$ ....	$x_{2M}$
.	..	..	..	.....	.. .....	..
.	..	..	..	.....	.. .....	..
iª	$x_{i1}$	$x_{i2}$	$x_{i3}$	.....	$x_{ij}$ ....	$x_{iM}$
.	..	..	..	.....	.. .....	..
.	..	..	..	.....	.. .....	..
nª	$x_{n1}$	$x_{n2}$	$x_{n3}$	.....	$x_{nj}$ ....	$x_{nM}$

La media del grado de limpieza de la paca j será:

$$x_j = \frac{\sum x_j}{n}$$

La varianza será:

$$T^2_j = \frac{\sum_i (x_{ij} - x_j)^2}{n}$$

Cada paca tendrá una varianza distinta. La varianza media dentro de las pacas, viene dada por:

$$T^2 = \sum_{j=1}^M T^2j$$

Los valores  $\bar{X}_j$ , en general, serán distintos entre sí. La media de estos valores indicará el grado medio de limpieza total, y vendrá dado por:

$$\bar{X} = \sum_{j=1}^M \frac{x_j}{M}$$

Para medir el grado de dispersión de las  $X_j$  con respecto de  $\bar{X}$ , se utilizará análogamente la varianza:

$$T^2b = \sum_{j=1}^M \frac{(x_j - \bar{X})^2}{M}$$

Esta es la varianza que mide la dispersión que existe entre las pacas y que por tanto llamareros varianza entre pacas.

Es indudable que cuanto mayor sea el número  $n$  de chequeo tanta más seguridad se tiene de conocer la distribución del grado de limpieza, y por lo tanto, los parámetros (medias y varianzas) antes calculados, serán más acurados (próximos a la realidad).

Pero el problema está en determinar cuántas pacas se han de seleccionar y cuántas perforaciones se han de hacer para obtener un número de muestras tales, que después de obtenidos los valores del grado de limpieza mediante el ensayo químico, podamos con un costo mínimo, obtener una precisión dada respecto del grado de limpieza de la lana recibida.

Para comprender bien esto, supongamos que seleccionamos al azar  $m$  pacas y que en cada paca se hacen  $\bar{n}$  perforaciones. El valor medio (media) del grado de limpieza obtenido después de efectuados los  $m \cdot \bar{n}$  chequeos, dependerá de los lugares seleccionados para hacer las perforaciones, de una parte, y de otra de las  $m$  pacas seleccionadas. Si realizáramos ésto un número grande de veces, obtendríamos una nueva distribución (distribución que se llama la distribución de la media en el muestreo), que tendrá una media y una varianza, las que denotaremos respectivamente por  $\bar{X}$  y  $T^2 = \frac{2}{x}$

Esta media de la distribución de las medias  $\bar{\bar{X}}$ , coincide con la media anteriormente calculada  $\bar{X}$ , claro está cuando el número de chequeos es muy grande.

La varianza  $T_x^2$  viene ligada a las varianzas  $T_b^2$  y  $T_\omega^2$  por la fórmula:

$$T_x^2 = \frac{M - m}{M - 1} \frac{T_b^2}{m} + \frac{T_\omega^2}{m \cdot n}$$

Se ve claramente que conocidos  $M$ ,  $T_b^2$ ,  $T_\omega^2$ ,  $m$ ,  $n$ , se puede calcular  $T_x^2$ .

Vamos a ver cómo se puede calcular  $\bar{n}$ , cuando  $M$  es muy pequeño y por tanto deben de chequearse todas las pacas. Por ser  $M = m$  en la fórmula anterior, se deduce que:

$$\bar{n} = \frac{\left( \frac{T}{T_x} \right)^2}{M}$$

Es indudable que si conocemos  $M$ ,  $T_b^2$  y  $T_\omega^2$  se puede calcular  $\bar{n}$ , pero deseamos que el costo sea mínimo; si  $C_1$  es el costo de seleccionar una paca durante la descarga del cargamento y volver después a colocarlo con el cargamento, y  $C_2$  el costo de perforar una porción incluyendo jornales y reparaciones de la máquina, se obtiene en todos los casos, que

$$\bar{n} = \frac{T_\omega}{T_b} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

$m$  se calcula por la fórmula:

$$m = \frac{\frac{M}{M - 1} T_b^2 + \frac{T_\omega^2}{n}}{T_x^2 + \frac{T_b^2}{M - 1}}$$

La dificultad de conocer  $T^2_{\omega}$ ,  $T^2_b$  y  $T^2_x$  por fortuna no es mucha, y todavía más, casi siempre es posible clasificar la lana según su procedencia y encontrar valores que permanecen muy estables para  $T_{\omega}$  y  $T_b$ . A continuación damos un cuadro de estos valores para lanas clasificadas según su procedencia:

CLASIFICACION DE LANA HECHA EN LOS EE. UU. SEGUN SU PROCEDENCIA:

Procedencia	T	T <sub>b</sub>
Argentina . . . . .	2,5	2,5
Australia . . . . .	1,5	4,0
Chile . . . . .	2,0	5,0
Uruguay . . . . .	2,0	1,5
EE. UU. . . . .	4,5	2,0

No vamos a entrar en mucho detalle respecto de la manera de calcular  $T_{\bar{x}}$  pero se puede obtener una buena aproximación con una muestra pequeña, que generalmente no se precisa tomar, porque el histograma de frecuencias antes mencionado tiene una forma conocida que simplifica este problema.

Para no complicar demasiado las cosas, vamos a quedarnos aquí. El objeto de esta chara, es tan sólo para dejar constancia de cómo se deben efectuar los chequeos de la lana. Son muchos los casos similares.

La estadística, es una técnica difícil y de enseñanza complicada; olvidar esto es sólo dar la sensación de que cualquiera que no tenga una solidez en matemáticas y una intensidad de horas de estudio en estadística, puede fácilmente llegar a saber a fondo dicha materia. El camino más adecuado para su propagación y empleo, es el de dar a conocer al técnico los conceptos más importantes y sus limitaciones para que después de terminar su carrera, pueda dedicarse a su estudio, o pueda recurrir a la ayuda de un estadístico entrenado para solventar sus problemas en mutua colaboración. Difícilmente puede pedir ayuda si desconoce en qué le puede ser útil determinada herramienta.

