



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

MODIFICACION AL DISEÑO DE UNA TORRE
ENFRIADORA DE SOLIDOS

SERGIO ISAIAS AGUILAR DEL VALLE
INGENIERIA QUIMICA

México, D. F.,

1973



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis
LAB
ABO
FECHA Mit 3
PROC 1973
S



QUINDIO

PRESIDENTE: ING. ERNESTO RIOS MONTERO.

VOCAL: ING. CARLOS DOORMAN MONTERO.

SECRETARIO: ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA.

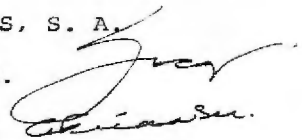
1ER. SUPLENTE: ING. CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO.

2NDO. SUPLENTE: ING. MARIO RAMIREZ Y OTERO.

EL TEMA FUE DESARROLLADO EN EXTRACTOS Y MALTAS, S. A.

SUSTENTANTE: SERGIO ISAIAS AGUILAR DEL VALLE.

ASESOR DEL TEMA: ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA.



I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I. DESCRIPCION DEL PROCESO Y ANTECEDENTES.

CAPITULO II. DESCRIPCION DE LA TORRE.

CAPITULO III. CONSIDERACIONES SOBRE SECADO.

CAPITULO IV. ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE DE SECADO.

CAPITULO V. SISTEMA DE VENTILACION.

CAPITULO VI. CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

CONCLUSIONES.

INTRODUCCION

El objetivo principal de esta tesis es el de obtener una solución práctica para un problema específico que es la falta de control sobre la humedad del producto, que se presenta en la operación cotidiana de una planta productora de alimentos balanceados para ganado.

A través de los seis Capítulos de que consta este estudio se ve:

1o. Una descripción de la planta donde se presenta el problema, un análisis de los métodos que puedan conducir a la solución, determinando que punto dentro de la planta se presta para una solución práctica y una descripción detallada del equipo a modificar (Capítulos I y II).

2o. Un estudio sobre las propiedades del sólido que se maneja en el equipo, la necesidad de acondicionar el aire con el que se enfría el sólido, el diseño de una cámara de humidificación y un estudio sobre la situación final del sistema de ventilación. (Capítulos III, IV y V).

Por último un análisis económico que ve tanto los costos de instalación y operación como las ventajas económicas que se desprenden de la aplicación práctica de este trabajo.

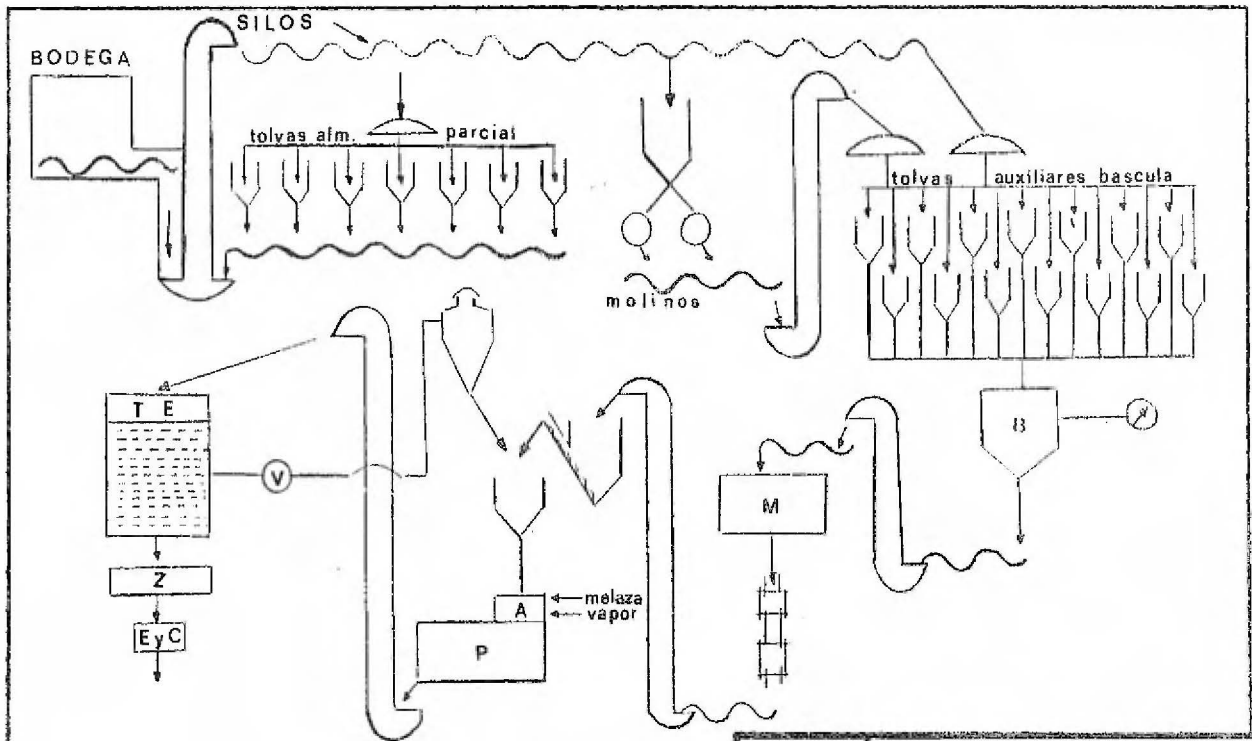
CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROCESO Y ANTECEDENTES

DESCRIPCION DEL PROCESO

A partir de algunos procesos de elaboración de alimentos destinados a los seres humanos, como son los aceites vegetales, la cerveza, ciertos tipos de pastas y harinas, el azúcar, y de la obtención de otro tipo de productos como es la fabricación de almidones, y clasificación y limpieza de granos se obtienen como subproductos diversos materiales que, junto con productos directos del campo constituyen una fuente de proteínas para la alimentación animal y que, formulados según las necesidades que se tengan, se aprovechan como complemento alimenticio balanceado, para diversos tipos de ganado.

Si se toma esto como base, se deduce que para aprovechar esta enorme fuente de proteínas y minerales, los cuales implican energía aprovechable existen estudios y procesos que permiten la elaboración de productos, útiles como complemento para una mejor alimentación de los animales, que tan valioso servicio dan al hombre.



7

FIGURA 1

	<p>TESIS PROFESIONAL Modificación al Diseño de una Torre Enfriadora de Sólidos 1973 Facultad de Química U.N.A.M.</p>
<p>Sergio Isaiás Aguilar Del Valle</p>	

Estos procesos son muy diversos y van desde el simple mezclado manual hasta operaciones automáticas muy complejas a nivel industrial. En este capítulo se describe brevemente uno de estos procesos, dentro del cual se encuentra la torre de enfriamiento cuyo diseño se modifica en el transcurso de la presente tesis.

El proceso consta básicamente de 7 operaciones que son:

1. Almacenamiento de materias primas y productos.
2. Alimentación de materias primas al proceso.
3. Molienda de gruesos y granos.
4. Formulación y mezclado.
5. "Pelletizado" (*) y enfriamiento.
6. Encostalado y cosido.
7. Auxiliares y servicios.

(*) Del inglés "pellet", pella, masa que se une y aprieta.

1. Almacenamiento.

Para esta operación se tienen bodegas y silos que permiten el almacenamiento, control y conservación tanto de materias primas como de productos en condiciones de utilizarse. Asimismo hay 3 tanques para almacenar melaza.

Se cuenta con dos sistemas de almacenamiento ya que uno de usa para guardar materiales a granel como son los granos y otros materiales que se prestan por ser poco compactables y el otro para materiales que deban ser almacenados en sacos debido a su facilidad de compactarse.

2. Alimentación de materias primas al proceso.

Se tienen dos vías de entrada de materiales al proceso: una por medio de la descarga en una tolva de recepción y otra a través del sistema de movimiento de la casa de silos.

Estas dos vías llegan al sistema de alimentación que consta de una tolva de recepción, un elevador, un transportador de descargas múltiples y un sistema de siete tolvas para almacenamiento parcial, el cual tiene su siste

ma de descarga formado por transportadores de gusano.

Este medio alimentador tiene opción a distribuir los materiales ya sea en las tolvas de los molinos, en las siete tolvas de almacenamiento parcial o en las auxiliares de la báscula. Todas las tolvas y caídas tienen válvulas movidas por cilindros neumáticos.

3. Molienda de granos y gruesos.

En esta sección se reducen de tamaño todos los granos y materiales gruesos, con el objeto de facilitar las mezclas y la compactación.

Esta operación consta de dos molinos de martillos, dos tolvas alimentadoras y de sistemas de alimentación y descarga, por medio de transportadores de tornillo y de elevadores de cangilones. Su desahogo es hacia las tolvas auxiliares de la báscula.

4. Formulación y mezclado.

Para la formulación de los alimentos se toman en cuenta las propiedades de cada materia prima y basándose en ésto, se obtiene un alimento que complementa la dieta a

limenticia del ganado al cual se destina.

Cuando se tiene la formulación adecuada, se sacan de las tolvas auxiliares de la báscula las cantidades especificadas de cada materia prima y se depositan en la tolva de la báscula. De ahí se alimentan las mezcladoras en donde los materiales se mezclan durante un tiempo con el objeto de homogeneizarlos.

5. "Pelletizado" y enfriamiento.

Una vez que los materiales están mezclados, se llevan a la sección de "pelletizado" en donde se acondicionan con vapor y melaza previamente calentada con el objeto de abatir viscosidad; ésto permite mejor penetración de la melaza en la mezcla y facilita el bombeo.

El acondicionamiento se hace con el objeto de aumentar la temperatura (90°C) y humedad del material (13.5 a 15 %) lo que facilita la compactación.

La melaza además de proporcionar humedad, mejora el sabor del alimento, provee los carbohidratos necesarios a la dieta del animal, dá también punto final a la formulación.

La cantidad de melaza utilizada se controla por medio de un medidor de disco en tanto que el consumo de vapor se desconoce por lo que se recomienda la colocación de un medidor de flujo que permita obtener este dato en forma directa.

Ya que la mezcla está acondicionada pasa al dado de compactación donde por extrucción se comprime dándole una forma cilíndrica de aproximadamente 1/4" de diámetro por 1/2" de longitud que es la que provoca el nombre de "pellet".

Del dado de compactación sale hacia la torre de enfriamiento donde se enfria a flujo cruzado con aire que se toma directamente del ambiente, lo que provoca que las condiciones del "pellet" a la salida de la torre oscilen conforme varían las condiciones climatológicas.

El objeto de este estudio es el de controlar las condiciones del aire que entra a la torre, de tal modo que, se pueda obtener un producto con un contenido de humedad constante y de acuerdo con las condiciones necesarias para su manejo, empaque, almacenamiento y transporte a su destino, así como para su uso. En el capítulo II se hace una descripción más detallada de la torre.

Se ha observado que cuando el alimento está muy seco el animal tiende a rechazarlo ya que éste pierde frescura y "palatividad", por otra parte cuando se agrega agua directamente al alimento éste se desbarata formando un lodo o se humedece en forma poco uniforme provocando, lo primero, una pérdida de alimento, y lo segundo, que no se aproveche totalmente.

También sucede que cuando se seca demasiado el producto éste pierde consistencia y tiende a pulverizarse lo que provoca que se tengan pérdidas tanto en el consumo por los animales, como en la fábrica donde, además se provoca un decremento en la eficiencia del equipo y, por consiguiente, una elevación de los costos de operación, ya que todos los finos que se producen en el trayecto del dado de

"pelletizado" a la zaranda que se encuentra en la parte inferior de la torre se separan a través de una tela metálica que es la base de la zaranda, y se recirculan al dado de compactación.

6. Encostalado y cosido.

Al salir de la zaranda la parte gruesa del producto, pasa a una báscula automática que la dosifica en pesadas de 40 kg. colocando el producto en sacos de papel, que una vez llenos, se cosen y se aplian en tarimas que son transportadas por montacargas hasta la bodega de almacenamiento de productos.

7. Auxiliares y servicios.

Se cuenta con un departamento de control de calidad que verifica por medio de análisis químico la bondad de materias primas y productos.

Se tiene una subestación con dos transformadores de 6,000 a 220 volts y un cuarto de tableros donde se encuentran los arrancadores y sistemas de protección para el equipo eléctrico.

Hay también dos calderas paquete de 100 caballos que proporcionan el vapor (a una presión de 7.04 kg/cm²) necesario en el acondicionamiento y en el cambiador de calor donde se calienta la melaza.

Estas calderas cuentan con un sistema suavizador de agua y tanques de almacenamiento así como de una red de gas combustible.

Existen dos compresoras de 5 HP. que operan a 4.5 kg/cm² de presión y que proporcionan el aire comprimido necesario en los cilindros neumáticos que operan las válvulas de tolvas y caídas de toda la planta.

También se cuenta con dos tinacos de 10 mt³ para almacenar agua para las calderas, baños, oficinas y limpieza.

ANTECEDENTES

Se ha notado que hay épocas del año en las que las condiciones de salida del producto son muy deficientes en lo que respecta a su contenido de humedad. Un bajo contenido de agua provoca que se tengan demasiados finos recirculando a la "pelletizadora" y por lo mismo,

se origina un aumento sensible en los costos de operación. También se ha notado que el ganado no acepta un alimento muy seco ya que éste es áspero y poco consistente.

Es deseable que el producto contenga una humedad constante de 11 %, ya que por pruebas en el laboratorio, cuando adquiere una humedad entre 11.0 y 12.0 % se ha visto que el material tiene una mejor consistencia.

Como esta situación provoca la necesidad de aumentar el contenido de humedad en el producto se investigaron diferentes medios para lograrlo. A continuación, se presentan algunos intentos de solución con sus respectivos resultados:

1er. Intento:

En éste se trató de solucionar el problema agregando agua a la mezcla antes de que llegara a la sección de "pelletizado" y se pensó que el mejor lugar para ello sería en las mezcladoras, para lo cual, se adaptó una de ellas con un "timer", un rotámetro, una válvula de globo, una válvula solenoide y un tubo perforado que rociara el agua sobre la mezcla.

Se hicieron varias pruebas modificando el gasto y el tiempo de apertura de la válvula solenoide con el fin de lograr un aumento de 2.0 a 4.0 % en la humedad de la mezcla. Se encontró que el agua provocaba que el material se adhiriera a las paredes y brazos de la mezcladora y por ello fué deshechado.

Además, con este sistema no se obtuvo al final un control eficiente de la humedad del producto.

2o. Intento:

En esta prueba se redujo el gasto de aire de la torre de enfriamiento por medio de una válvula de compuerta colocada en el ducto entre la torre y el ventilador.

Los resultados promedio encontrados fueron los siguientes:

Temperatura del aire de entrada	24°C.
Humedad del aire de entrada	0.0075 <u>Kg. Agua</u> Kg. A.S.

Posición de la válvula	Gasto ft ³ /min.	Temperatura de salida del "pellet"	Humedad de salida del "pellet"
Abierta	3250	28.0° C	9.2
3/4	3000	28.5	9.3
1/2	2450	31.8	9.5
1/4	1150	33.5	9.5
Cerrada	0	55.0	11.1

En esta prueba tampoco se encontró un control efectivo de la humedad, ya que para llegar al punto de humedad deseada se tuvo que cerrar completamente la válvula.

En estas condiciones el enfriamiento del producto fué muy deficiente y al salir caliente de la torre provocó dificultades en su manejo y además siguió perdiendo agua por evaporación.

3er. Intento

Se intentó saber si se puede controlar la humedad del "pellet" en la torre de enfriamiento, humedeciendo el aire que entra en la torre.

Se llevó a cabo una prueba haciendo fluir aire húmedo por una cama de "pellets" caliente y húmeda que se puso en un bote de prueba. La humedad relativa del aire fué de 90 %.

Se llevaron a cabo 15 pruebas obteniéndose los siguientes resultados promedio:

	<u>Bote</u>	<u>Torre</u>
Temperatura inicial	82.5°C	82.5°C
Temperatura final	21.0°C	26.0°C
Humedad inicial	12.0 %	12.0 %
Humedad final	11.8 %	8.6 %

Aquí se puede ver la diferencia entre en friar el "pellet" con aire seco y enfriarlo con aire a condicionado.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA TORRE Y SITUACION ACTUAL DEL TRABAJO

DESCRIPCION DE LA TORRE

La torre se encuentra localizada en la sección de producción: su función es la de enfriar y secar el producto y trabaja de la siguiente manera:

El material que va a ser enfriado y secado va a alimentar la tolva superior de donde es dirigido a dos compartimientos por medio de un orientador. Después el material fluye, por gravedad, entre las mallas y las ventilas hacia el alimentador que tiene un movimiento oscilante, que le es comunicado por una transmisión excéntrica. Este movimiento oscilatorio alimenta los "pellets" hacia la cara inclinada de la bota y bajo las compuertas que sirven para dosificar la cantidad de material que va a ser descargado. Estas compuertas son controladas por una veleta de control que se encuentra en la tolva superior a través de un enlace mecánico. El material es movido por la bota oscilante hacia la descarga, después de pasar por debajo de las compuertas.

El enfriamiento y secado se acaba como sigue:

El aire que pasa a través de la columna recoge el calor y la humedad superficial de los "pellets". Mientras más calientes estén los "pellets" más eficientes serán el secado y el enfriamiento. Esto se debe a que existe una gran diferencia de temperaturas entre el aire y la de los "pellets" y al hecho de que al aumentar la temperatura del aire aumenta su capacidad de recoger humedad. Ahora bien, a mayor temperatura del "pellet" se provoca que el calor y humedad contenidos en el centro del mismo se desplacen más rápidamente al exterior, de donde podrán ser removidos.

Lograr el enfriado y secado a partir de las condiciones ambiente con una eficiencia de 100 % es muy difícil, y por tanto, los "pellets" se descargarán a una temperatura de 2 a 7°C. por arriba de la temperatura del aire que entra al enfriador.

SITUACION ACTUAL DE TRABAJO

El hecho de que la torre tome el aire del ambien

te, expone a los "pellets" a salir más o menos húmedos o secos, ésto depende directamente, de los cambios en la humedad relativa y la temperatura del aire.

Para basar el estudio de la situación actual de trabajo en datos representativos se recurrió a la Oficina Climatológica de la Dirección General de Geografía y Meteorología de la Secretaría de Agricultura y Ganadería con el objeto de recabar antecedentes sobre humedades relativas mínimas y temperaturas extremas, mensuales (anexo # 1) en el lapso comprendido entre enero de 1962 a diciembre de 1972.

Una vez recabados los datos se tomaron los meses más secos y calurosos del año y se promediaron los datos a lo largo de los once años considerados obteniéndose los siguientes resultados promedio:

$$Hr = 17.6 \%$$

$$T = 29.7^{\circ}\text{C.} = 85.5^{\circ}\text{F.}$$

Con estos datos se establecen los siguientes balances:

Balanza de materia. (Base 1 hora).

Sólidos:

Salen 10 400 lb/hr con 8.6 % de humedad que
 son 9505 lb/hr de sólidos secos que con 12 % de humedad
 son 10 800 lb/hr que entran a la torre.

Agua:

$$10\ 800 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.12 + X_1 = 10\ 400 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.086 + 0.0416 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A. S.}}$$

$$\frac{60 \text{ min}}{\text{hr}} \times \frac{1}{18.2 \text{ ft}^3} \\ \text{lb A.S.}$$

$$1\ 296.0 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} + X_1 = (894.4 + 450.0) \text{ lb/hr.}$$

$$X_1 = 48.4 \text{ lb de agua/hr.}$$

Balace de Energía:

Se considera como un sistema adiabático; ya que
 se tiene intercambio de calor sólo entre las corrientes,
 por lo que:

$$\Delta E \text{ sólidos} = \Delta E \text{ aire.}$$

Aire:

Entrada.-

$$Ch = 0.34 + 0.46(0.006) = 0.24276 \text{ BTU/}^\circ\text{F lb. A.S.}$$

$$E_1 = 0.24276 (86 - 32) + 0.006 (1045)$$

$$E_1 = 19.38 \text{ BTU/lb. A. S.}$$

El valor de λ se tomó de tablas (Keen).

El valor de humedad absoluta se desprende de Hr=17.6 %
y T= 85.5°F.

Salida.-

$$Ch=0.24 + 0.46 (0.0416)=0.2593 \text{ BTU/}^\circ\text{F lb. A.S.}$$

$$E_2= 0.2593 (103-32) + (0.416) 1037$$

$$E_2= 61.96 \text{ BTU/lb A. S.}$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 61.96 - 19.38 = 48.52 \text{ BTU/lb A.S. o sean:}$$

$$\Delta Et = 42.58 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. A.S.}} \times 3250 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hr.}} \times \frac{1}{18.2 \text{ ft}^3/\text{lb. A.S.}}$$

$$\Delta Et = 456 \text{ 214.28 BTU/hr.}$$

Sólidos:

$$E_1 = M_s C_{ps} T_s + M_a C_{pa} T_a$$

$$E_2 = M_s C_{ps} T_2 + M_a C_{pa} T_2$$

$$\Delta E_s = M_s C_{ps} (T_2 - T_1) + C_{pa} (M_a T_2 - M_a T_1)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_s &= 9505 \text{ Cps} (106.2) + 0.46 (1296 \times 181.4 - 894.4 \times 75.2) \\ &= 100 \text{ 934 4.8 Cps} + 77 \text{ 204.34} \end{aligned}$$

Como $\Delta E \text{ aire} = \Delta E_s$.

$$C_{ps} = \frac{379008.94}{1,009,324.8} = 0.3755 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F.}$$

A continuación se presenta un diagrama con los datos originales de operación:

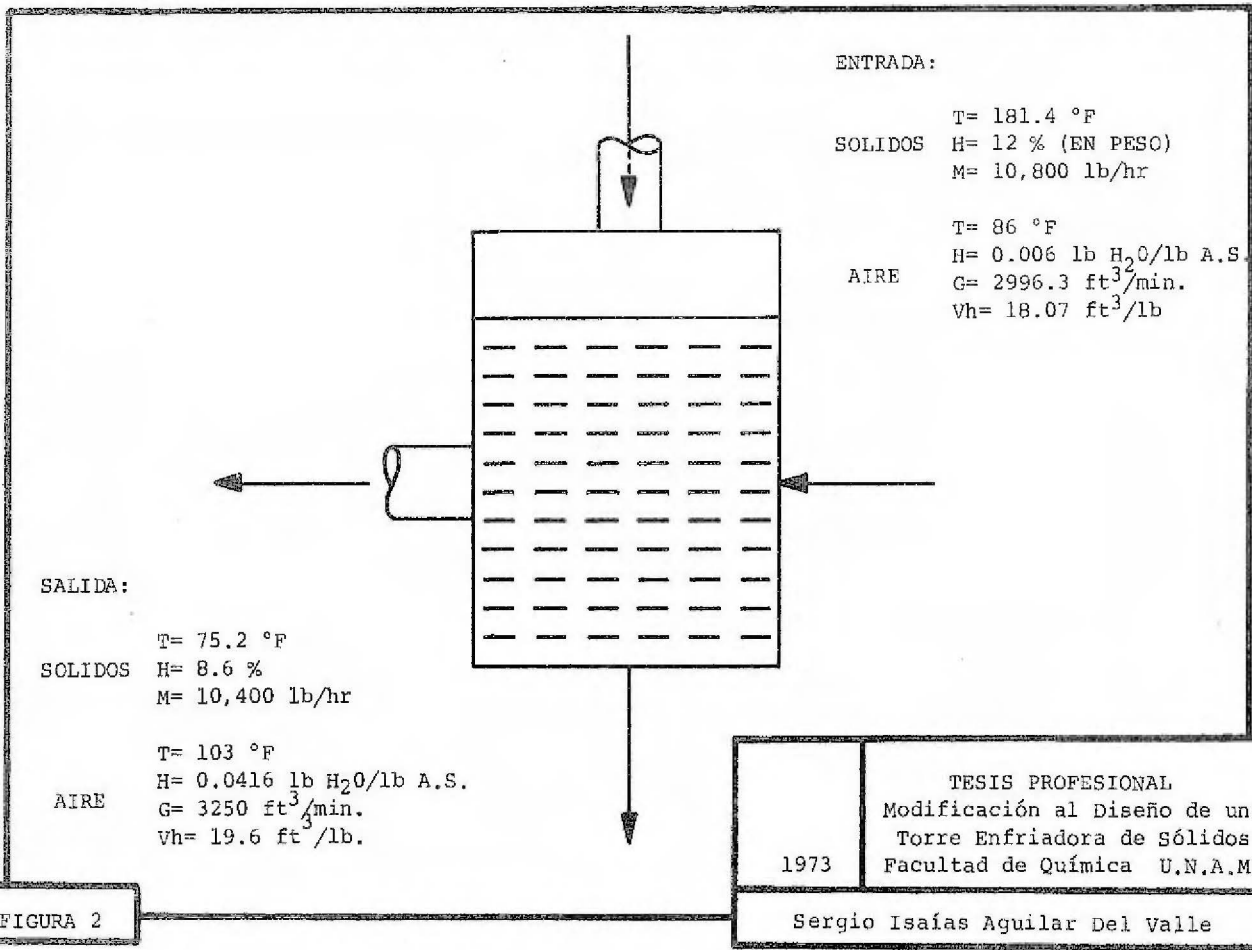


FIGURA 2

CAPITULO III

CONSIDERACIONES SOBRE SECADO

Habiendo visto que las pruebas con aire húmedo funcionaron y que éste es el camino más viable de solución, ya que para muchos materiales como el tabaco o la lana el sólido contendrá una cantidad importante de agua, aun cuando su velocidad de secado sea igual a 0. La humedad permanece, no importa el tiempo que se mantengan las mismas condiciones de operación. Este equilibrio con el vapor contenido en el medio secante es el llamado contenido de humedad en equilibrio.

Esta cantidad de humedad que retiene el sólido depende de la estructura del mismo y de la temperatura y humedad del gas. Para muchos materiales depende también de, si el sólido retenía originalmente más o menos líquido del valor en equilibrio (Foust). En la literatura se encuentran curvas típicas para la humedad en equilibrio contra contenido de humedad (humedad relativa), en el medio secante.

Al aumentar la humedad relativa del gas el só

lido irá reteniendo o adquiriendo mayor humedad y si la humedad relativa tiende a 0 también la humedad del sólido tenderá a 0.

Comportamientos similares se encuentran en muy diversos materiales como son: la piel, la pulpa de papel, la nitro celulosa, la cola, el jabón, la madera, etc.

Algunos de estos materiales presentan también un fenómeno llamado efecto de Histéresis el cual se puede apreciar en la gráfica del contenido de humedad en equilibrio (Véase fig. 3).

El material que se enfría en la torre, presenta los dos fenómenos descritos, y para poder estudiar su comportamiento se adaptó una planta piloto que pudiera producir en el aire diferentes condiciones, con el objeto de observar como oscila, la humedad del sólido, al cambiar la humedad relativa y la temperatura del aire que se pone en contacto con el sólido.

La planta piloto (Véase Fig. 4) se operó de la siguiente manera:

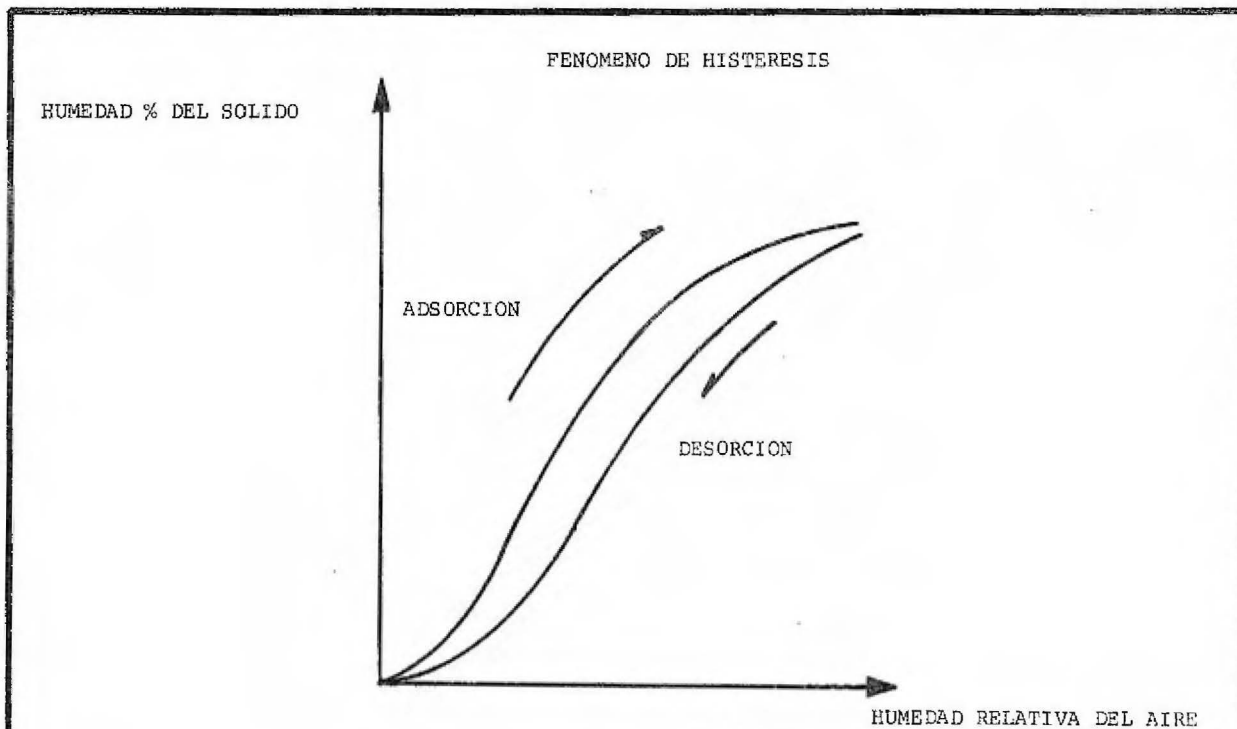


FIGURA 3

TESIS PROFESIONAL
Modificación al Diseño de una
Torre Enfriadora de Sólidos
1973 Facultad de Química U.N.A.M.

Sergio Isaias Aguilar Del Valle

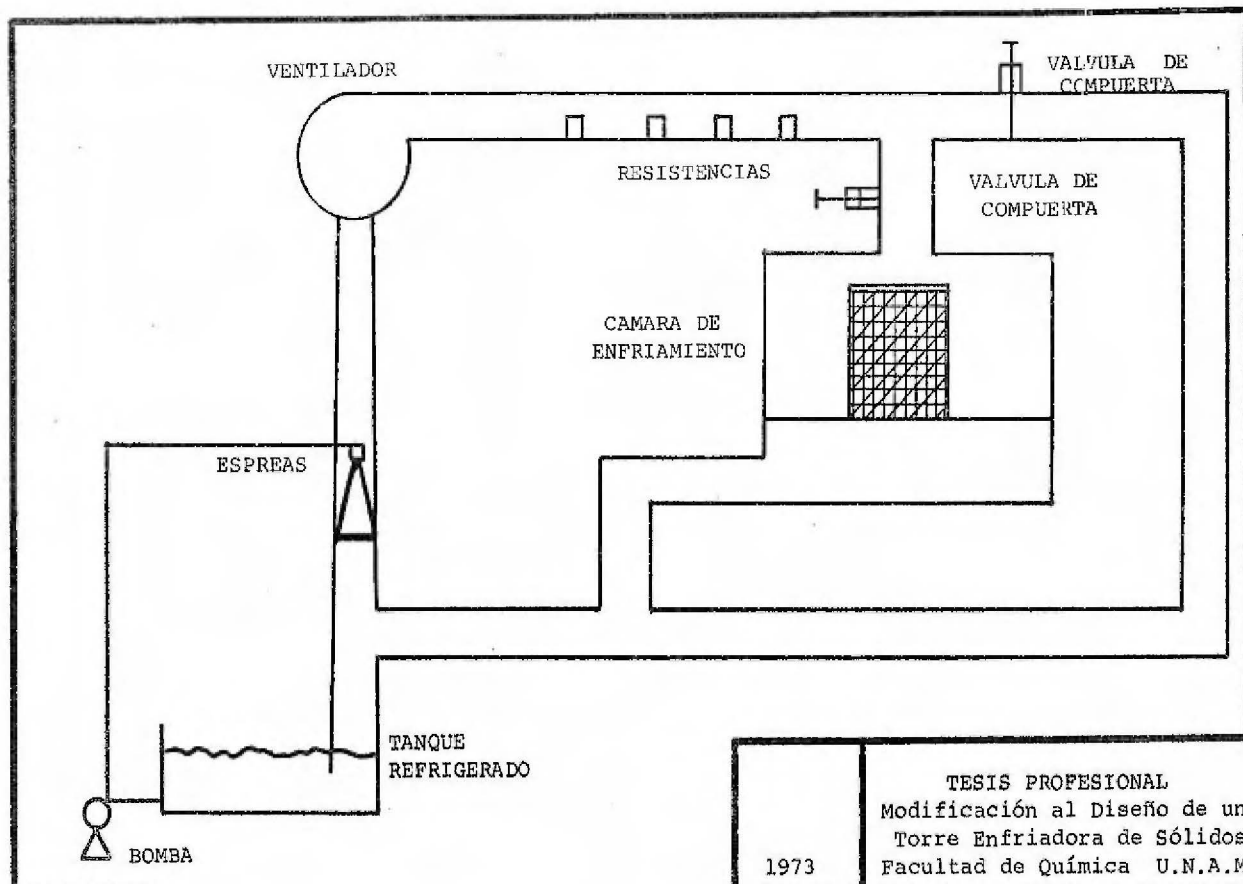


FIGURA 4

1973	<p>TESIS PROFESIONAL Modificación al Diseño de una Torre Enfriadora de Sólidos Facultad de Química U.N.A.M.</p>
<p>Sergio Isaías Aguilar Del Valle</p>	

El objetivo principal para modificar el diseño es el de aumentar la humedad con la que sale el "pellet"; por lo que la tendencia es cubrir las condiciones extremas que se presentan durante la operación cotidiana de la torre. Por otra parte, como estas condiciones van a ser modificadas por medio de la humidificación adiabática del aire se hará el estudio partiendo de los siguientes datos:

a) De la relación de humedades relativas mínimas y temperaturas extremas se escogieron los meses más secos y calurosos del año (según los mismos datos) y se promediaron las Hr y temperaturas en esos meses de los once años, obteniendo;

$$Hr = 17.6 \%$$

$$T = 29.7^{\circ}\text{C} = 85.5^{\circ}\text{F}$$

b) De aquí se puede ver que si se humidifica adiabáticamente hasta las condiciones en que se tenga 11 % de humedad en el sólido se obtendrá una humedad relativa y una temperatura de operación óptima.

Con estas dos premisas se empezó a trabajar con la planta piloto controlando la humedad relativa del aire

por medio de las espreas ya fuera que se quisiera aumentar o disminuir, auxiliándose con las resistencias o con el tanque refrigerado, mezclando este aire con aire no acondicionado, el aire acondicionado se ponía en contacto con los "pellets" que contenían un 14 % de humedad y se esperaba a que se estabilizara la humedad relativa del aire; una vez hecho ésto se tomaba una muestra, se molía y se determinaba la humedad en % en peso.

Relación de resultados obtenidos en la planta piloto:

Temperatura del aire °F.	Humedad relativa %	Humedad sólidos %
71.0	45	8.30
67.5	50	9.05
66.0	52	9.30
65.0	60	9.80
63.0	65	10.10
62.5	70	10.60
61.0	75	11.00
60.0	80	11.50
59.0	85	12.00

Para el diseño de la torre se va a usar aire con 75 % de Hr. puesto que se desea sacar el producto con 11.0 % de humedad.

El tiempo de residencia de los "pellets" en la planta piloto fue el mismo que en la torre que va a modificarse.

Sería conveniente que el producto fuera envasado en bolsas que lo aislaran, con el objeto de que no pierda humedad durante el almacenamiento y en el trayecto a su destino.

CAPITULO IV

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE DE ENFRIAMIENTO

Como ya se ha visto en los capítulos anteriores, el sólido que se enfría en la torre permite la salida del agua hasta el momento en que llega a su humedad en equilibrio con el gas de enfriamiento. En este capítulo se va a describir el método a través del cual se van a controlar las condiciones del medio de enfriamiento: aire.

En el capítulo III se vió que el sólido obtenía una humedad en equilibrio recomendable (11.0 %) cuando el aire tenía una humedad relativa de 75 % y una temperatura de 61°F.

Existen diferentes métodos para controlar la humedad relativa y la temperatura del aire, tales como, los sistemas de humidificación adiabática, los de vapor, los de refrigeración o calentamiento, etc. Tienen estos sistemas, a su vez, subdivisiones, tales como: torres empacadas con sus variaciones, condensadores por enfriamiento, sistemas ventilador-serpentín, etc. y combinaciones entre unos y otros según las necesidades que se tengan.

Se propone como solución al problema una cámara de humidificación adiabática diseñada para trabajar en condiciones extremas. Estas condiciones son las obtenidas en el capítulo III y son 17.6 % de humedad relativa y 85.5°F.

La operación de una cámara de humidificación de este tipo está regida por la siguiente ecuación:

$$\ln \frac{Tg_1 - Tsa}{Tg_2 - Tsa} = \frac{h_{ya} Vc}{Ch V'} \quad (\text{Mc Cabe})$$

Donde:

- Tg₁ = Temperatura del gas a la entrada (°F.)
 Tg₂ = Temperatura del gas a la salida (°F.)
 Tsa = Temperatura de saturación adiabática (°F.)
 h_{ya} = Coeficiente de transmisión de calor del gas a la interfase (BTU/hr ft³ °F)
 Vc = Volumen de contacto entre las fases (ft³)
 Ch̄ = Calor húmedo promedio entre Tg₁ y Tg₂ (BTU/°F lb. S.A.)
 V' = Velocidad de flujo total de gas seco lb/hr.

Esta ecuación es el resultado, de la integración de la ecuación para la velocidad de transmisión de calor,

desde la interfase, hacia el gas.

$$Gy \quad Ch \quad dtg = hya \quad (Ti - Tg) \quad dz$$

Se utiliza para Ch un valor promedio, y como las temperaturas de entrada (Txa) y salida (Txb) son iguales; también lo son la temperatura de bulbo húmedo (Tw) y la de saturación adiabática (Tsa) tenemos:

$$Txa = Txb = Ti = Tx = Tsa.$$

Siendo Ti = Temperatura en la interfase.

Para el diseño de la cámara se cuenta con los siguientes datos:

$$Tg_1 = 86.0^\circ F \quad Ch = 0.24 + 0.46 (H)$$

$$Tg_2 = 61.0^\circ F$$

$$Ch_1 = 0.24 + 0.46 (0.006) = 0.24276$$

$$Ch_2 = 0.24 + 0.46 (0.0011) = \underline{0.24506}$$

$$Ch_1 + Ch_2 = 0.48782$$

$$\bar{Ch} = 0.24391$$

$$\text{y una } v' = 9948.98 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{hr.}}$$

$$v' = \frac{3250 \text{ ft}^3/\text{min.}}{19.6 \text{ ft}^3/\text{lb S.A.}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hr.}} = 9948.9792 \text{ lb A.S.}$$

Pero se desconocen Vt y hya .

Con el propósito de determinar hya para la cámara que va a diseñarse se hizo un estudio del valor que se tiene en una cámara similar de las siguientes ca racterísticas:

Longitud - 4.75 mt.

Altura - 2.50 mt.

Ancho -13.45 mt.

$$Vc = 5640.4 \text{ ft}^3$$

Con este valor se va a la ecuación de diseño y se obtiene el valor del coeficiente a partir de corri das en dicha cámara.

A continuación, se presenta una relación de los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizada das y los resultados que se deducen de ellas:

La cámara donde se hicieron las pruebas se encuentra dentro de la misma fábrica, pero en otro depar tamento.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS DE EXPERIENCIAS EN HUMIDIFICACION

G	Vh	TY ₁	TY ₂	TW ₁	TW ₂	H ₁	H ₂	CH	h _{ya}
ft ³ /min.	ft ³ /lb A.S.	°F	°F	°F	°F	lb H ₂ O	/lb A.S.	BTU/lb A.S. °F	BTU/h °F lb A.S.
112,000	17.56	69.8	56.8	53.6	53.6	0.0078	0.0105	0.24421	26,772
89,500	17.56	69.8	55.3	53.6	53.6	0.0078	0.0109	0.24429	29,024
56,000	17.56	69.8	54.4	53.6	53.6	0.0078	0.011	0.24432	24,562
50,400	17.56	69.8	54.1	53.6	53.6	0.0078	0.0111	0.24432	25,294
28,580	17.56	69.8	53.9	53.6	53.6	0.0078	0.0112	0.24436	28,475
								PROMEDIO	26.854

El valor del coeficiente de transferencia de calor (constante) obtenido de las corridas en esta cámara se utiliza para el diseño de la nueva cámara de humidificación.

$$2.3 \log \frac{86.56}{61.56} = \frac{26.825 (Vg)}{0.2443915 (9948.9792)}$$

$$\text{De donde: } Vc = 162.235 \text{ ft}^3$$

Para mantener, en lo posible, el valor del coeficiente se hace una analogía entre la cámara de donde se obtuvo su valor y la cámara que se está diseñando.

Velocidad de Aire:

$$112\ 000 \text{ ft}^3/\text{min} \times \frac{1}{1187.44 \text{ ft}^2} = 94.32 \text{ ft}/\text{min}.$$

Se tiene la misma velocidad en la cámara que va a diseñarse, se tendrá una sección de:

$$2996.3 \text{ ft}^3/\text{min} \times \frac{1}{94.32 \text{ ft}/\text{min}} = 31.7674 \text{ ft}^2$$

que con dos lados iguales serán:

$$5.64 \text{ ft por lado}$$

y una altura de:

$$5.107 \text{ ft}.$$

También se mantiene la misma relación de L/V'

$$L = 300 \text{ Gpm} \times 0.13368 \frac{\text{ft}^3}{\text{Gal}} \times 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}}$$

$$L = 150 \text{ 149.37} \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \quad \text{Y } V' = 382687.92 \text{ lb/hr}$$

$$L/V' = 0.3923546 \frac{\text{lb Agua}}{\text{lb A. S.}}$$

Mismo valor que se utiliza para el diseño.

$$L = 0.3923546 \times 9948.9792 = 3903.53 \frac{\text{lb Agua}}{\text{hr}}$$

ó sean 7.7992878 Gpm.

que con espreas tipo 1/4 B5 a 20 psi dan un gasto de 1.0 Gpm/ esprea. Se usa este tipo de espreas debido a que son adecuadas según la experiencia que se tiene con la cámara donde se hizo la experimentación.

Para la cámara en diseño necesitamos:

$$7.9 \text{ Gpm.} \times \frac{1}{1.0 \frac{\text{Gpm}}{\text{esprea}}} = 7.9 \text{ espreas}$$

En total 8 espreas que distribuidas de tal forma que cubran el volumen de la cámara tendrían el siguiente arreglo:

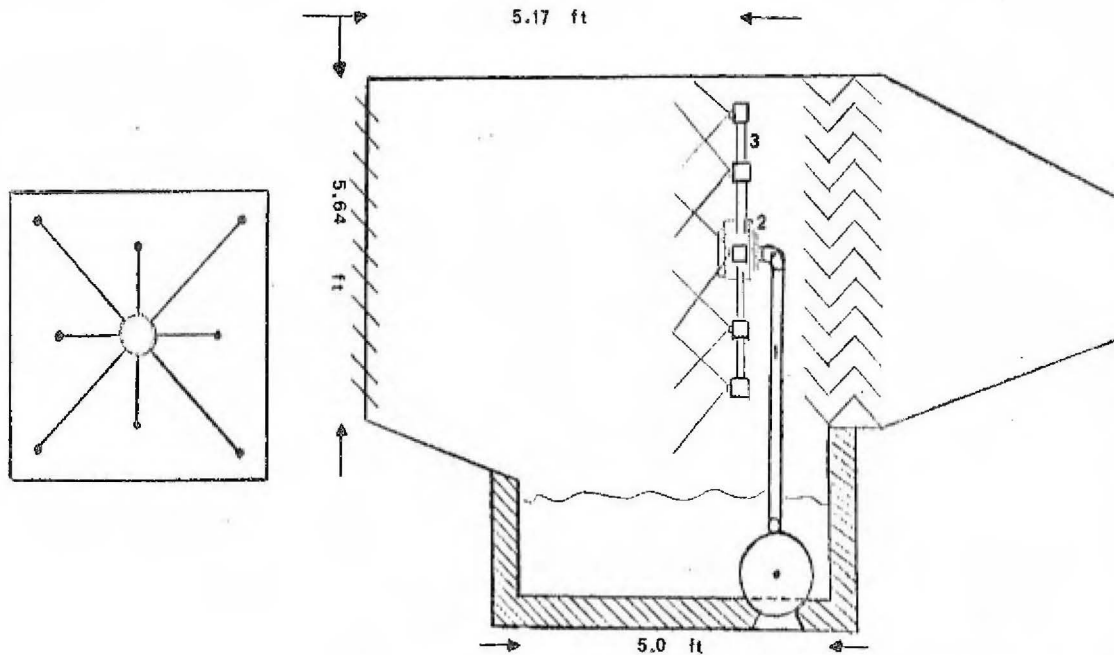


FIGURA 5

TESIS PROFESIONAL
 Modificación al Diseño de una
 Torre Enfriadora de Sólidos
 1973 Facultad de Química U.N.A.M.

Sergio Isaías Aguilar Del Valle

CAPITULO V

SISTEMA DE VENTILACION

El objeto de este capítulo es el de ver si el ventilador con el que se cuenta tiene capacidad suficiente para suplir el volumen de aire necesario con una caída de presión suficiente.

Se parte de las siguientes bases:

- 1a. El aire de salida deberá tener las mismas condiciones que antes de la modificación;

- 2a. El aire a la entrada de la torre deberá tener $0.011 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}}$ a 61°F. y 75 % de humedad relativa;

- 3a. El arreglo es según el diagrama adjunto (Véase fig. # 6);

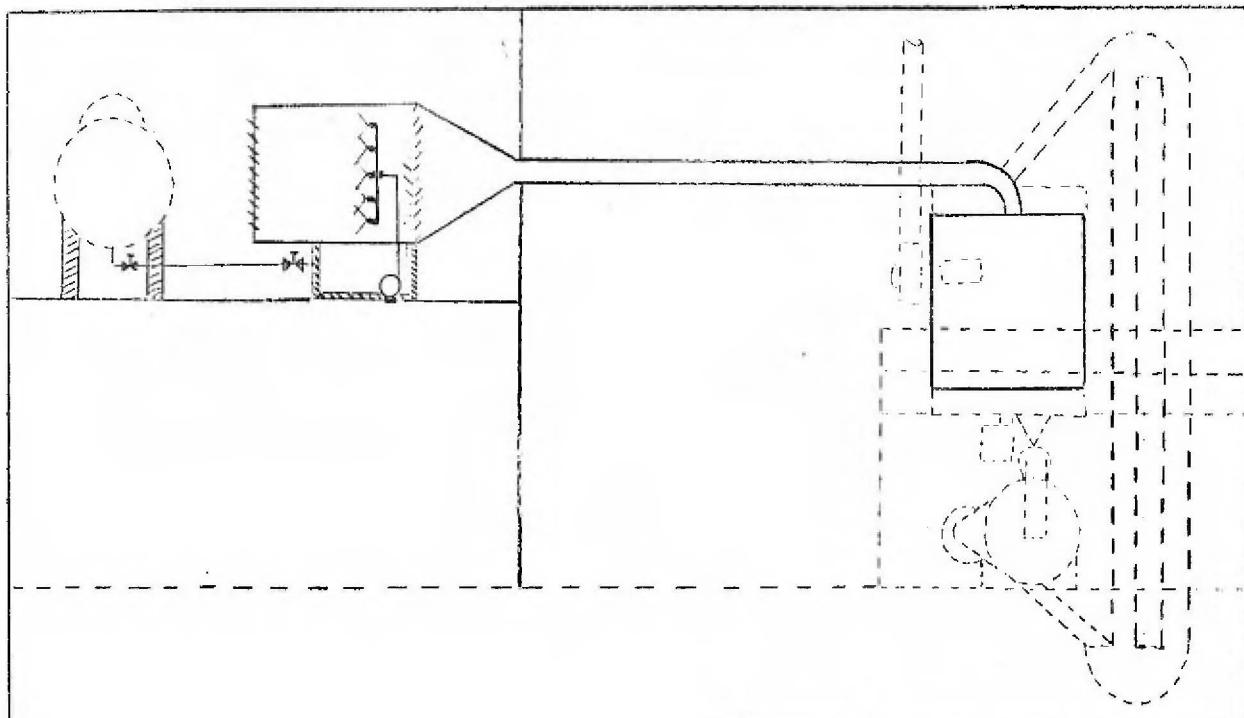


FIGURA 6

<p>1973</p>	<p>TESIS PROFESIONAL Modificación al Diseño de una Torre Enfriadora de Sólidos Facultad de Química U.N.A.M.</p>
<p>Sergio Isaías Aguilar Del Valle</p>	

4a. El acondicionador de aire
estará operando simultáneamente
a la torre;

5a. El diseño se hace para las con
diciones extremas fijadas
anteriormente;

6a. El aire que va a entrar a la
torre se capta por medio del
acondicionador de aire, que
estará conectado con la torre,
a través de una tubería de
12" x 11", la cual alcanza a
la envolvente diseñada para
aislar la torre del medio circu
cundante (Véase fig. # 8).

A continuación se presenta un balance parcial
de energía con el objeto de calcular la cantidad de aire

DISEÑO DE LA ENVOLVENTE DE LA TORRE NECESARIA PARA LA CAPTACION DEL AIRE HUMEDO

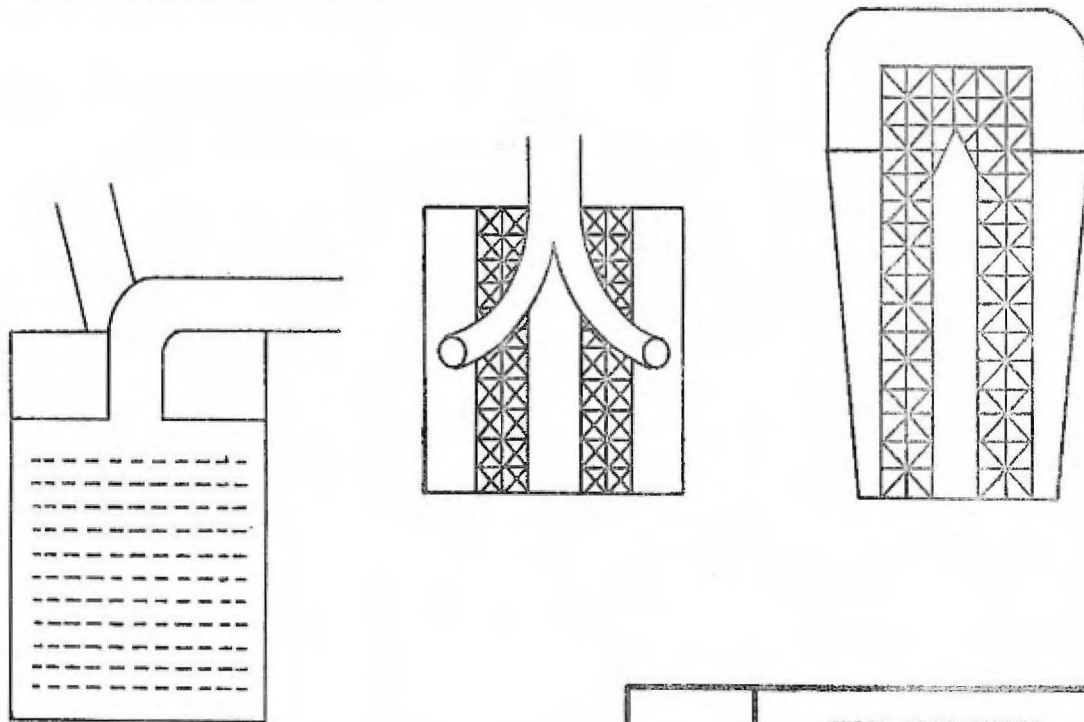


FIGURA 8

	TESIS PROFESIONAL Modificación al Diseño de una Torre Enfriadora de Sólidos 1973 Facultad de Química U.N.A.M.
Sergio Isaías Aguilar Del Valle	

que se necesita en el ventilador:

Las condiciones necesarias, tanto de entrada como de salida del aire, así como las de los "pellets" son conocidas; el objeto de mantener el aire de salida en las mismas condiciones actuales es para que el ciclón trabaje, en lo posible, en las condiciones ya experimentadas que están dando buenos resultados.

DISEÑO:

Una vez que se obtuvieron las condiciones anteriores y vista la necesidad de obtener el aire en las mismas condiciones de salida se establecen los siguientes balances con el objeto de saber qué cantidad de aire maneja el ventilador.

BALANCE DE ENERGIA:

$$\begin{aligned} \text{Sólido: } E_s &= (M C_p \Delta T) \text{ sólido} + \left[C_p (M_1 T_1 - M_2 T_2) \right] H_2O \\ \Delta E_s &= (9505) (0.3755) (120.4) + 0.46 (1296 \times 181.4 - 61.0 \times 1144) \\ &= 505966.43 \text{ BTU/hr.} \end{aligned}$$

Aire

$$\begin{array}{l} 75 \% \text{ Hr.} \\ 61.0 \text{ } ^\circ\text{F.} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 75 \% \text{ Hr.} \\ 61.0 \text{ } ^\circ\text{F.} \end{array}} \right\} 0.011 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}}$$

Entrada:

$$Ch = 0.24 + 0.46(0.011) = 0.24507 \text{ BTU/}^\circ\text{F lb. A. S.}$$

$$E_1 = 0.24507 (62.32) + 0.011 (1058)$$

$$= 18.99 \text{ BTU/lb A.S.}$$

Salida:

$$Ch = 0.2593 \text{ BTU/lb A.S.}$$

$$E_2 = 61.96 \text{ BTU/lb A.S.}$$

Estos datos son los mismos que se tienen en las condiciones actuales ya que se desea sacar el aire en las mismas condiciones.

$$\Delta E \text{ sólidos} = \Delta E \text{ aire}$$

$$\Delta E \text{ sólidos} = 505 \ 966.43 \text{ BTU/hr.}$$

$$\Delta E \text{ aire} = x \frac{\text{lb A.S.}}{\text{hr.}} \times (61.96 - 18.99) \frac{\text{BTU}}{\text{lb A.S.}}$$

$$x \frac{\text{lb A.S.}}{\text{hr.}} = 505966.43 \frac{\text{BTU}}{\text{hr.}} \times \frac{1}{42.97 \frac{\text{BTU}}{\text{lb A.S.}}}$$

$$x = 11,774.875 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{hr.}}$$

$$11774.875 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min.}} = 196.25 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min.}}$$

$$196.25 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}} \times 18.2 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}} = 3571.7 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

El cálculo de la AP necesaria en el ventilador se hace bajo la premisa de que:

ΔP total = \sum ΔP parciales y se va a calcular por secciones:

- 1a. Acondicionador de aire.
- 2a. Ductos de acondicionador a la torre.
- 3a. La torre.
- 4a. Ductos de torre a ventilador.
- 5a. Ductos de ventilador a ciclón.
- 6a. Ciclón.

1a. Caída de presión provocada por el acondicionador de aire:

Se considera que la caída total de presión producida por un lavador de aire comercial oscila entre 0.5 y 1.0" de agua.

2a. Ductos del acondicionador a la torre:

Se tienen:	Longitud equivalente
1 codo de 90° de 13"	19 ft
21 ft de tubería de 13"	21 ft
2 codos de 45° de 10"	2(7) ft
1 expansión de 10" a 29.64	120 ft

Como todos los datos de tablas y nomogramas con los que se cuenta son para condiciones de densidad igual a 0.075, se van a corregir los datos originales que se tienen para las condiciones de operación de la planta.

$$2996.3 \text{ ft}^3/\text{min.} \times \frac{0.0526}{0.0750} = 2101.4 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

Para la tubería de 13" se tienen 40 ft

$$2101.4 \text{ ft}^3/\text{min y } 13" \rightarrow 0.55 \text{ in. agua}/100 \text{ ft.}$$

$$0.55 \times 0.4 = 0.220 \text{ de agua}$$

Para la tubería de 10" y 42 ft.

$$1050.7 \text{ ft}^3/\text{min. y } 10" \rightarrow 0.705" \text{ agua}/100 \text{ ft}$$

$$\text{son } 0.70 \times 0.42 = 0.294" \text{ agua}$$

$$\text{expansión } 0.70 \times 1.20 = 0.84" \text{ agua}$$

$$\text{total } 1.564 \text{ agua}$$

3a. Torre:

La caída de presión provocada por un lecho de partículas está dada por:

$$\Delta P = \frac{F_c L S \rho_f \cdot V_o^2}{G_c \epsilon^3} = \text{lb}/\text{ft}^2$$

F_c = Factor de fricción obtenida en tablas a partir del Re modificado.

$$Re = \frac{\rho V_o}{\mu S}$$

Ambos son adimensionales.

L = Longitud empacada en ft.

S = Area superficial de partícula por unidad de volumen ft^2/ft^3

ρ_f = Densidad del fluido lb_m/ft^3

V_o = Velocidad basada en la sección transversal de torre vacía (ft/seg.).

G_c = Factor de conversión $(32.174 \text{ (lbm)(ft)/(lb)(seg}^2))$

ϵ = Fracción de espacios vacíos en la torre (adimensional).

μ = Viscosidad del fluido

S está dado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{6(1-\epsilon)}{\Phi} \sum \frac{W}{D_p}$$

Donde:

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_B}{\rho_P}$$

ρ_B = Densidad de lecho
 (lb/ft^3)

ρ_P = Densidad de partícula
 (lb/ft^3)

Φ = Factor de forma tomado de tablas (Perry).

w_s = Fracción peso de partículas de diámetro D_p .

$$C = 1 - \frac{33.75}{45.0} = 0.25$$

$$S = \frac{6(1 - 0.25)}{0.75} \left[\left(\frac{0.154}{0.125} + \frac{0.846}{0.375} \right) 12 \frac{\text{in}}{\text{ft}} \right]$$

$$V_o = 3571 \text{ ft}^3/\text{min.} \times \frac{1}{43.2 \text{ ft}^2} \times \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}} = 1.43 \text{ ft/seg.}$$

$$\rho_{\text{Aire}} = 0.0526 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{Aire}} = 0.01775 \text{ Cp.}$$

} Tablas (Crane).

$$Re = \frac{0.0526 \times 1.43}{251 \times 0.01775 \times 6.72 \times 10^{-4}} = 25.1$$

De la gráfica 36 de la página 394 del Perry

$$F_c = 0.30$$

$$\Delta P = \frac{0.3 \times 0.9 \times 251 \times 0.0526 \times (1.43)^2}{32.2 (0.25)^3} = 14.6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$14.6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in.}^2} = 0.101678 \frac{\text{lb}}{\text{in.}^2}$$

$$0.101678 \frac{\text{lb}}{\text{in.}^2} \times 27.7 \frac{\text{in. de agua}}{\text{lb/in.}^2} = 2.81 \text{ in. de agua}$$

4a. Ductos de torre a ventilador

Se necesita corregir por densidad del aire

$$3571.7 \text{ ft}^3/\text{min.} \times \frac{0.0535}{0.075} = 2500.2 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

Se tienen:

13 in.	{		L.Eq.
		2 codos 90° con R = 1.5 D	2(27.5) ft
		1 contracción	

11.6 ft de tubería

Longitud total equivalente 96.6 ft

$2500.2 \text{ ft}^3/\text{min. y } 13" = 0.66" \text{ agua}/100 \text{ ft}$

$0.66 \times 0.966 = 0.64" \text{ de agua}$

5a. Ductos de ventilador a ciclón:

Se tienen:

13"	{		Long.
		40 ft de tubo	40 ft

1 codo con R = 2D 19 ft

Longitud total equivalente 59 ft

$2500 \text{ ft}^3/\text{min. y } 13" \rightarrow .75" \text{ agua}/100 \text{ ft de tubería}$

$0.75 \times 0.59 = 0.44" \text{ agua.}$

total 0.44" agua

6a. Ciclón:

El colector se calculó en base a las ecuaciones de Shephard y Lapple donde:

$$\Delta P = Hvc. Fev$$

$$Hvc = 0.003 (\rho) \left(\frac{\phi}{A} \right)^2$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido (lb/ft³)

Φ = Gasto (ft³/seg) = 3571 ft³/min. $\times \frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ seg.}}$ = 59.52 ft³/seg.

A = Sección transversal de entrada al ciclón (ft²)

$$F_{cv} = 0.75 \text{ bh}/c^2$$

Donde:

b Altura del ducto de entrada = 12.2"

h Ancho del ducto de entrada = 12.2"

c Diámetro del ducto de salida = 24.0"

$$F_{cv} = (0.75) (12.2)^2 / (24.0)^2 = 1.9375$$

$$H_{cv} = (0.003) (0.0526) \left(\frac{59.52}{1.0333} \right)^2 = 0.5235$$

$$\Delta P' = 1.9375 \times 0.5235 = 1.014" \text{ agua}$$

La caída total de presión en el sistema será:

$$\Delta P_t = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6$$

$$\Delta P_t = 7.258" \text{ de agua}$$

La disposición actual del equipo cuenta con un gorro de intemperie que le produce una caída de presión de 1.95" de agua aproximadamente. Se propone cambiar la dis

posición actual del equipo quitando el gorro de intemperie y poniendo el ventilador en la descarga, lo que daría por resultado, que el ventilador maneje aire limpio y se necesite menor energía para vencer la caída de presión del equipo.

Actualmente se tiene un ventilador que maneja una ΔP de 6.6" de agua con un gasto de 3250 ft³/min. con 7.5 HP.

Las modificaciones necesarias serían:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$Q_1 = 3250 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

$$Q_2 = 3571.7 \text{ ft}^3/\text{min.}$$

$$N_1 = 1430 \text{ R.P.M.}$$

$$N_2 = N_1 \frac{Q_2}{Q_1} = 1430 \times \frac{3571.7}{3250} = 1571.5$$

Lo que provocaría un cambio en los HP y en la P del ventilador.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad P_1 = 6.8 \text{ " agua}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 = 6.8 \left(\frac{1571.5}{1430} \right)^2 = 8.21 \text{ " agua}$$

$$Y \quad \frac{H.P.}{H.P_2} = \frac{N_1}{N_2}^3$$

$$HP_2 = HP_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3 = 9.95 \text{ HP}$$

Como se cuenta con un motor de 15 HP lo único que varía es la carga al motor.

CAPITULO VI

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Este capítulo contiene el análisis económico de la modificación, tanto en su costo, como en las ventajas económicas que de ella se desprenden, con el objeto de ver si se justifica hacer la modificación.

Primero se estudió el capital a invertir, en seguida los costos de operación y al final, las ventajas que se puedan obtener al hacer la modificación.

COSTO DE LA CAMARA DE HUMIDIFICACION

La estimación del costo de la cámara de humidificación está basada en el método descrito por R.S. Aries y R.D. Newton en el capítulo II de su libro y en cotizaciones de casas comerciales para los precios de los materiales.

A continuación se presenta la estimación detallada de la inversión necesaria para la construcción e instalación de la cámara de humidificación.

1 Bomba de 1/4 de HP	\$ 1,334.00
12 m. de tubo de 1"	222.60
5.5 m. de tubo de 3/4"	50.00
4 m. de tubo de 1/4"	20.00
1 m. de tubo de 6"	117.00
1 reducción bushing de 6" a 2"	49.35
1 tapón hembra para 6"	48.15
2 codos de 3/4" y 90°	5.20
8 espreas de 1/4 B5-15W	288.00
4 láminas del No. 18 de 4' x 8'	486.80
3 láminas del No. 18 de 5' x 10'	571.50
Placas difusoras	421.30
2 codos de 10" y 45° L. galvanizada	245.00
2 codos de 10" y 90° L. galvanizada	318.00
2 válvulas de globo de 1"	136.50
1 válvula de nivel de 1"	148.00
5 codos de 1" y 90°	<u>30.50</u>
Total del material a comprar	\$ 4,501.90
Instalación (43 % del material a comprar)	1,940.00
Instrumentación (15 % del material a comprar)	675.00
Material Eléctrico (10 % del material a comprar)	450.00
Albañilería	<u>1,542.75</u>
Costo físico	\$ 9,109.65

Ingeniería (30 % del costo físico)	<u>\$ 2,732.80</u>
Costo Directo	\$11,842.45
Honorarios del Contratista (10 % del costo Directo)	1,184.25
Contingencias (15 % del costo directo)	<u>1,776.40</u>
Inversión	<u><u>\$14,803.10</u></u>

ESTIMACION DEL COSTO DE OPERACION

Costo del agua: El agua se saca de un pozo a una cisterna y a los tinacos. El agua en el pozo cuesta \$ 1.50/mt³ más el 15 % o sea \$ 1.725/mt³

Costo del bombeo: Del pozo:	\$ 0.09/mt ³
De la cisterna:	\$ 0.10/mt ³
Costo total del agua:	\$ 1.915/mt ³

Para poder determinar el costo de operación es necesario saber cuanta agua se va con el aire acondicionado.

Las humedades absolutas a la salida y a la entrada son 0.0118 y 0.006 lb de agua por lb A.S., respectivamente. De donde se ve que se necesitan 0.0058 lb de agua por cada libra de aire acondicionado. O sean:

165.8 lb A.S./min. x 0.0058 lb agua/lb A.S. = 0.96 lb agua/min.
 y en 7.5 hr de trabajo (450 min) son 432.78 lb/turno que serían
 196.7 lts/turno que a \$ 1.915/mt³ dan \$ 0.376/turno.

Costo de bombeo en la cámara de humidificación: \$ 0.419/turno

Costo de operación:

Costo Variable:

Agua	\$ 0.376/día
Mano de obra y supervisión	0.246/día
Mantenimiento	2.540/día
Electricidad	<u>0.419/día</u>
Costo variable/día	\$ 2,581
Costo variable/mes	\$77.20

Costo Fijo:

Depreciación (en 9 años)	137.00/mes
Seguros	12.55/mes

COMENTARIOS

Se tienen ventas por 800 ton. mensuales de "pellets" al 16 % de proteínas y 200 ton. de "pellets" al 12 % de proteínas con un precio de venta de \$ 975.00 y \$ 925.00 por ton., respectivamente; entonces se tiene que, al aumentar la humedad se desprenden las siguientes conclusiones:

$$\begin{array}{rcl} 800 \text{ ton.} \times 0.914 & & 89.0 \times X \text{ ton.} \\ 731.2 \text{ ton.} & & 731.2 \text{ ton.} \end{array}$$

$$X = 821.6 \text{ ton. de P. al } 16 \%$$

Haciendo lo mismo para el "pellet" al 12 %:

$$200 \times 0.914 = 182.8 \text{ ton. de materia seca}$$

$$182.8/0.89 = 205.4 \text{ ton. de P. al } 12 \%$$

Como se puede ver se obtienen 21.6 ton. de P. al 16 % y 5.4 ton. de P. al 12 % extras, lo que produce:

$$21.6 \times 975.00 = \$ 21,060.00$$

$$5.4 \times 925.00 = \$ 4,995.00$$

Lo cual dará un incremento en el ingreso por Ventas de \$ 26,055.00 al mes.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la planta piloto son positivos y satisfacen ampliamente las necesidades actuales.

La modificación propuesta es tan leve que no hay necesidad de hacer grandes adaptaciones a las instalaciones actuales y no produce cambios considerables en la operación cotidiana de la planta.

Las ventajas que se obtienen además de las económicas directas ya evaluadas en el capítulo VI son las siguientes:

a). Disminución del costo de operación actual ya que se producen menos finos al salir más húmedo el producto y, por consiguiente, hay menor recirculación al dado de compactación.

b). Menor desperdicio en el uso del producto al conservarse éste comprimido por más tiempo, evitando con ésto, no sólo que se produzcan finos sino, además la necesidad de agregar agua directamente al alimento que, co

mo se indica provoca desperdicios.

c). Se puede dar una mejor presentación al producto, debido a que al disminuir los finos, éste será más homogéneo, y estará mejor compactado.

Los resultados del análisis económico indican que la inversión se justifica, ya que los costos de operación de la modificación propuesta prácticamente no influyen en el costo unitario del producto, y además se puede producir un beneficio económico.

BIBLIOGRAFIA

CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK.

John H. Perry.

McGraw-Hill. 1950.

DESIGN OF INDUSTRIAL EXHAUST SISTEM. 4th. Edition

John L. Alden P.E. Consulting Engineer.

John M. Kane P.E. Industrial Consultant.

Industrial Press Books Inc. 1971.

HANDBOOK OF AIR CONDITIONING HEATING AND VENTILATING.

Clifford Strock.

Richard L. Coral.

Industrial Press Books Inc. 1965.

INDUSTRIAL VENTILATION.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

E.B. Incorporated. 1970.

MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO.

Carrier International Ltd.

Marcombo, S. A. Barcelona 1970.

PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Donald Q. Kern.

C.E.C.S.A. 1965.

PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS.

1a. Edición.

Alan S. Foust.

C.E.C.S.A. 1961.

UNIT OPERATIONS OF CHEMICAL ENGINEERING.

Mc.Cabe W.L.

Smith J.C.

Mc.Graw-Hill. 1964.

CHEMICAL ENGINEERING COST ESTIMATION.

Aries R.S.

Newton R.D.

Mc.Graw-Hill. 1955.

TEMPERATURAS EXTREMAS

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1962	24.5	26.5	29.0	30.5	32.0	28.5	25.0	26.0	26.0	26.5	26.5	25.5
1963	25.5	29.5	29.5	28.5	31.5	29.5	29.0	28.0	26.5	26.5	25.5	24.5
1964	25.0	25.0	29.5	30.5	30.5	30.0	25.5	25.0	25.5	24.5	24.5	24.5
1965	26.5	28.0	28.5	31.5	31.5	26.5	25.5	27.5	26.5	25.0	24.5	23.5
1966	24.5	25.0	29.0	29.0	30.5	30.0	26.0	25.0	26.5	26.5	26.0	26.0
1967	24.5	27.5	29.5	28.5	30.5	28.5	27.0	26.0	25.0	27.0	25.0	23.5
1968	23.5	27.0	28.0	30.0	31.0	28.0	26.0	26.0	25.5	23.0	24.5	24.0
1969	24.0	24.5	27.5	29.0	28.5	28.5	25.5	21.5	25.5	25.5	25.0	24.0
1970	26.0	26.5	28.0	30.0	30.0	30.0	27.0	25.0	24.5	25.0	26.0	25.0
1971	24.5	25.0	30.0	31.5	30.5	28.5	25.0	25.5	25.0	26.5	25.5	25.0
1972	26.5	27.0	28.0	32.0	30.5	28.5	24.5	24.5	25.0	25.0	25.0	24.0
PROMEDIO	25.0	26.5	28.7	30.0	30.6	28.8	26.0	25.4	23.2	25.5	23.0	24.5

HUMEDADES RELATIVAS MINIMAS

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1962	17	14	11	11	9	19	38	52	62	23	18	20
1963	19	17	14	20	13	16	23	26	32	24	18	26
1964	12	12	13	9	15	15	31	71	69	67	29	28
1965	27	16	22	37	37	40	56	45	60	45	55	28
1966	30	28	26	29	32	38	53	61	46	51	32	42
1967	20	36	27	30	29	12	34	60	40	40	29	35
1968	29	26	24	27	27	39	35	55	27	24	19	13
1969	17	15	12	14	17	21	42	25	32	30	27	34
1970	30	17	13	7	11	10	23	41	31	23	17	12
1971	17	17	9	10	13	19	33	61	34	22	13	11
1972	10	10	15	13	14	15	38	32	30	23	29	25
PROMEDIO	20.8	19.2	16.0	18.0	19.0	22.2	30.1	48.1	42.1	33.8	26.0	23.9

EDITORIAL "JUAREZ"
Ciprés 134-1
Tel. 547-70-21



FACULTAD DE QUIMICA

BIBLIOTECA

fecha de devolución

El lector se obliga a devolver este libro
antes del vencimiento de préstamo, señalado
por el último sello

--	--	--	--