UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

"DISEÑO DE UN SECADOR NEUMÁTICO PARA OXICLORURO DE COBRE CON CAPACIDAD DE 15 T/DÍA"

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:
SAAVEDRA ROVIÓ CARLOS ROBERTO

PROMOCIÓN 1986-I

LIMA-PERÚ
2009

CONTENIDO

Página

Prólogo..... 1

Capítulo I **Introducción**

1.1 Antecedentes..... 3

1.2 Objetivos..... 3

1.3 Alcances..... 4

Capítulo II **Marco Teórico**

2.1 Características del producto y proceso de fabricación..... 5

2.2 Conceptos del secado..... 7

2.3 Tipos de secadores..... 10

2.4 Elaboración de la carta psicrométrica..... 12

2.5 Método de secado considerado para el secador neumático 18

2.6 Combustión del GLP con el aire..... 18

Capítulo III **Diseño del Secador**

3.1 Descripción del secador neumático..... 21

3.2 Consideraciones de diseño en el proceso de secado..... 23

3.3 Cálculo de los parámetros de diseño del secador..... 25

3.4 Selección y/o dimensionamiento de los equipos y piezas principales del secador..... 33

Capítulo IV **Ensayo del Secador**

4.1 Valores obtenidos en las mediciones..... 47

4.2 Comparación con los datos de diseño..... 49

Capítulo V **Estudio de costos**

5.1 Costos de los equipos e instalación..... 51

5.2 Gastos operativos..... 57

Conclusiones

Bibliografía

Apéndice

PRÓLOGO

El presente Informe de Suficiencia constituye el diseño, fabricación y puesta en marcha de un secador neumático de oxicloruro de cobre. Contiene cinco capítulos cuyos contenidos se describen a continuación:

En el capítulo I de Introducción se indican los antecedentes, objetivos y alcances del diseño.

En el capítulo II se hace una descripción de las características del producto, del proceso de fabricación, así como también de los procesos de secado y de los tipos de secadores más comúnmente usados en la industria química; elaboración de la carta psicrométrica y del método de secado empleado en este informe.

En el capítulo III se realiza el diseño del secador, se calculan los parámetros necesarios, se dimensionan y/o seleccionan las piezas a utilizar y los elementos que conforman este secador.

En el capítulo IV se muestra el ensayo al que fue sometido el secador, los valores obtenidos en la medición, los cálculos efectuados y la comparación con los datos de diseño planteados.

En el capítulo V se presentan los costos de inversión y de operación.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Este proyecto se lleva a cabo por la necesidad de contar con un secador de trabajo continuo, que sea eficaz, de bajos costos de fabricación y de operación.

Anteriormente este producto se secaba en hornos de bandejas. Una gran manipulación de los coches y bandejas, propias de este tipo de secador hacían oneroso el trabajo por lo que se buscó nuevas formas de secado.

También había gran desperdicio de material y contaminación ambiental por su consistencia polvorienta.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este informe es diseñar un secador neumático para oxicloruro de cobre que logre secar 15 t/día. Otro de los objetivos es lograr que el sistema proporcione un proceso limpio de emisiones inorgánicas al ambiente y eficiencia en el aprovechamiento del combustible.

1.3 Alcances

Este proyecto contempla el diseño, cálculo y/ó selección de los siguientes parámetros:

1.- Cálculo de la cantidad de aire necesaria para lograr que el producto ceda la humedad con que viene luego del proceso de reacción química que lo forma.

2.- Cálculo de la cantidad de calor requerida para lograr que el secador cumpla con su función correctamente.

3.- Selección y dimensionamiento de los dispositivos necesarios para que el secador trabaje en forma eficaz y eficiente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Características del producto y proceso de fabricación

El Oxicloruro de Cobre es un fungicida bactericida empleado en la prevención y erradicación de enfermedades producidas por hongos en algunas plantas tales como, frutales, hortalizas, café y otros que se pueden ver en: http://www.tragusa.com/esint/catalogo/ficha.php?producto=135

Nombre químico: Trihidróxido de cloruro de Di cobre (IUPAC).

Fórmula química: $ClCu_2H_3O_3$

Peso Molecular: 213,56

Densidad: 680kg/m^3

Figura 2.1: Proceso de fabricación del oxicloruro de cobre

La fabricación tal como indica la figura 2.1 se realiza mediante la reacción del cobre con ácido clorhídrico en un tanque donde se agrega agua y aire los cuales luego de un periodo de tiempo variable generan el oxicloruro en un medio acuoso. Esta mezcla es decantada en pozas de decantación por periodos que pueden variar de 24 a 30 horas para luego ser colectadas y centrifugadas consiguiéndose una humedad promedio de 28% la cual debe ser secada por métodos térmicos obteniéndose un producto de color verde claro de forma pulverulenta la cual es embolsada y trasladada a almacenes cerrados para su posterior despacho.

Inicialmente se secaba en horno de bandejas. La gran manipulación del producto y los altos costos de operación dio lugar a que se buscara otra alternativa de secado.

Se optó por la fabricación de un secador neumático el cual es un sistema continuo, limpio y no necesita de grandes mantenimientos.

2.2 Conceptos del secado

Se entiende por secado al procedimiento para reducir la cantidad de líquido de un producto por evaporación con ayuda por lo general del calor. En una acepción más amplia del término pueden considerarse como métodos de secado aquellos en que el líquido, sin cambiar de estado, se extrae por medios mecánicos tales como: presión, filtración o centrifugación. Las posibilidades del secado mecánico se ven limitadas por la humedad residual que queda en el producto.

La humedad es en la mayoría de los casos agua, sin excluir disolventes y otros tipos de líquidos volátiles. La humedad puede estar presente en una o más de las siguientes formas:

A.- Como masa líquida o como disolvente conteniendo sustancias en suspensión o en solución.

B.- Como humedad de superficie que queda después de procesos tales como lavado o decantación.

C.- Como humedad higroscópica, ya sea como líquido absorbido dentro de una sustancia porosa o permeable, ya sea como líquido absorbido adherido a sus caras.

D.- En combinación química, como en el caso de los hidratos cristalinos.

El contenido de humedad se puede expresar de una de las dos maneras siguientes:

Contenido de humedad basado en el peso húmedo:

$$\frac{\text{Peso de humedad presente}}{\text{Peso de (materia seca + Humedad)}}$$

Contenido de humedad basado en el peso seco:

$$\frac{\text{Peso de Humedad presente}}{\text{Peso de materia seca}}$$

En el secado intervienen varios factores a tener en consideración tales como: la velocidad de secado, las temperaturas admisibles, los contenidos de humedad inicial y final que dependen básicamente de las características del producto y factores externos como son las condiciones atmosféricas.

a) Secado mecánico

Luego del proceso químico correspondiente el material se encuentra con alto porcentaje de líquido los cuales deben ser eliminados económicamente por medios mecánicos, antes de que comience la etapa de secado propiamente dicha. Tales métodos son:

1. Sedimentación en pozas con una posterior decantación del exceso de líquido el cual es reciclado en el mismo proceso evitando así la contaminación ambiental.

2. Centrifugado dentro de recipientes en rotación con las cuales se llega a conseguir humedades entre el 20 y 30% aproximadamente.

3. Presión mecánica entre placas como en los filtros prensa.

4. Filtración sobre materiales porosos.

b) Secado por evaporación

Tres mecanismos básicos de transferencia de calor son generados en los secadores industriales, estos son la convección, la conducción y la radiación. En general los secadores pueden ser continuos o por lotes.

El proceso de secado tratado aquí consiste en la evaporación de la humedad del interior de la sustancia mediante un flujo continuo de aire. La evaporación se acelera elevando la temperatura de la sustancia; el limite máximo viene determinado ya sea por el costo del calor requerido o por la posibilidad de dañar el producto a secar.

Excepto bajo condiciones de ebullición, la evaporación tiene lugar solamente en las superficies húmedas en donde el líquido está en contacto con el aire. La evaporación cesa cuando el aire llega a su punto de saturación.

2.3 Tipos de Secadores

Para productos químicos tenemos diversos tipos de secadores los cuales varían según la forma de manipulación, montos de inversión, producción.

Los secadores pueden ser clasificados según su manipulación en Secadores continuos y en secadores por lotes.

Por la forma de poner en contacto el aire y la sustancia a secar podemos clasificar los secadores de la siguiente manera:

a) Secadores de bandejas

La sustancia húmeda se esparce sobre bandejas dentro de un horno donde permanece hasta el secado completo. Debe preverse una ventilación suficiente para mantener el contenido de humedad relativamente bajo, y usar un sistema de circulación del aire para incrementar el movimiento del mismo sobre el producto. Este tipo de secadores se emplean en la industria química donde los porcentajes de humedad son muy elevados.

b) Secadores por transportador

Aquí la materia húmeda se transporta de forma continua o intermitente a lo largo de un túnel, al final del cual sale ya seca. El flujo del aire, a través del túnel, va en sentido opuesto a la materia o en el mismo sentido. La circulación del aire puede ser dividida en varias secciones a fin de controlar

mejor el secado de una etapa a otra. Este tipo de secadores son muy usados en la industria ladrillera aprovechando los gases residuales de los hornos.

c) Secadores por aire a través

Aquí el aire pasa a través del lecho de material poroso sostenido por una plancha perforada de un modo directo. Esto puede hacerse en lotes como en los secadores de granos o de modo continuo en donde el material puede ser transportado por la vibración e inclinación de la máquina. Este tipo de Secadores son usados en Empresas Agroindustriales para secar café, cacao, granos en general.

d) Secadores rotativos

El material es colocado en forma continua en un tambor giratorio para que en contacto con la corriente de aire se vaya secando progresivamente conforme avance desde el ingreso hasta la salida.

e) Secadores por pulverización

Se usan para producir polvos a partir de soluciones o lodos, los cuales se inyectan a través de toberas o discos rotativos en forma pulverizada dentro del secador. La evaporación de las finas gotas del líquido es rápida y el polvo una vez seco abandona por vía neumática la zona de secado para ser recogido en sacos de filtrado, ciclones o cámaras de separación. Se usa

mucho en la industria química en la producción de detergentes y en industrias alimentarias en la producción de leche en polvo, café instantáneo.

f) Secadores neumáticos

Sustancias pastosas o pequeñas partículas como cristales pueden ser secadas rápidamente dentro de un sistema de transporte neumático utilizando aire o gases a temperaturas elevadas. El material una vez seco es separado en ciclones y/o filtros de mangas para ser recogido en bolsas u otro elemento de embalaje.

2.4 Elaboración de la carta psicrométrica

A temperaturas por debajo de la temperatura crítica, a la fase gaseosa de una sustancia se le denomina frecuentemente como vapor. El término vapor implica un estado gaseoso que se encuentra cerca de la región de saturación de la sustancia, lo cual incrementa la posibilidad de condensación durante el proceso.

El aire es una mezcla de nitrógeno, oxigeno y pequeñas cantidades de otros gases. Normalmente, el aire en la atmósfera contiene cierta cantidad de vapor de agua (o humedad) y se conoce como aire atmosférico. El aire que no contiene vapor de agua se denomina aire seco. Es conveniente tratar al aire como una mezcla de vapor de agua y aire seco, porque la composición del aire seco permanece relativamente constante, pero la cantidad de vapor de agua varía.

El vapor de agua puede tratarse como un gas ideal a presiones por debajo de 10 kPa y el aire también a bajas temperaturas está considerado como gas ideal.

En este caso, el aire atmosférico se trata como una mezcla de gases ideales cuya presión es la suma de la presión parcial de aire seco P_a y la del vapor de agua P_v que también se le conoce como presión de vapor.

$$P = P_a + P_v$$

Las características más importantes que interesan para nuestro secador de la carta Psicrométrica se presentan en la figura 2.2

CARTA PSICROMETRICA DEL AIRE

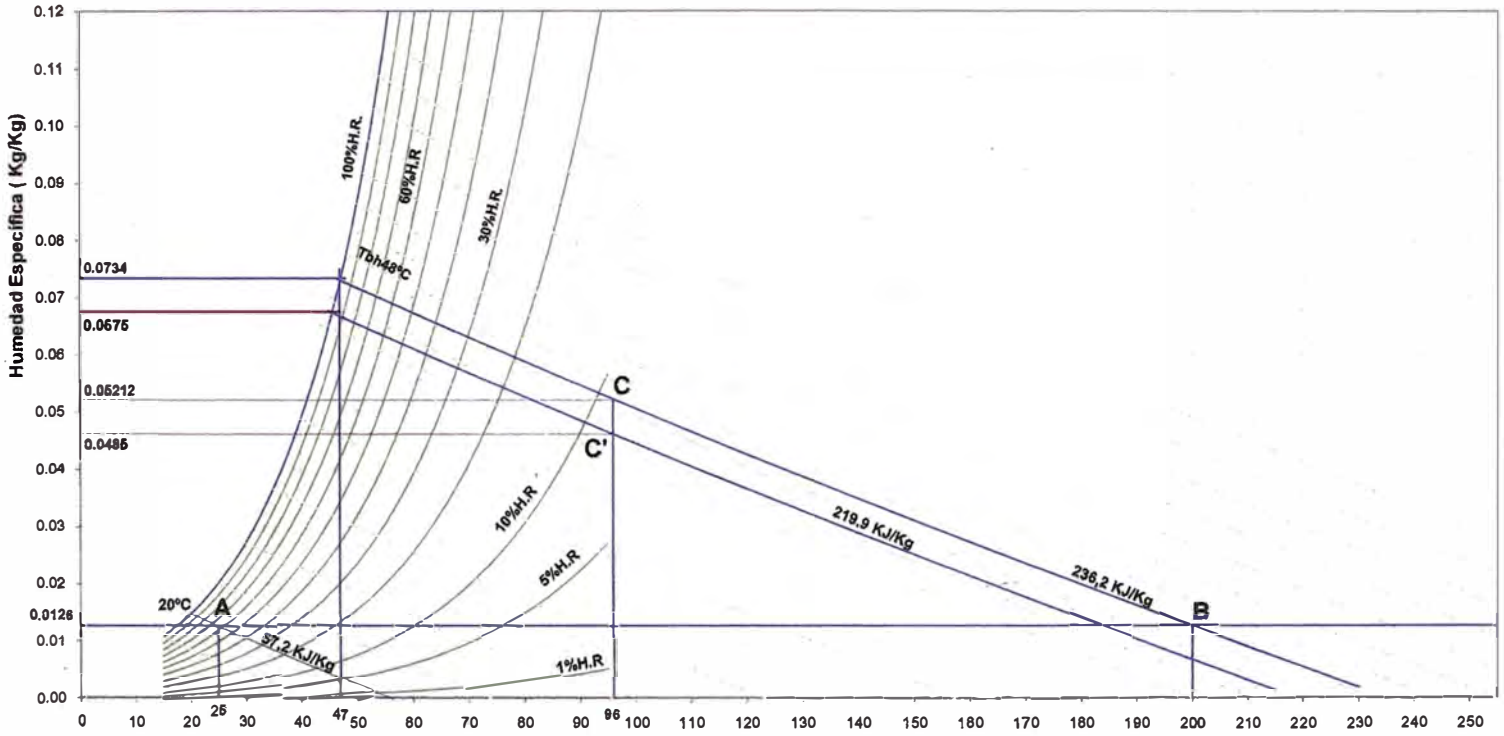


Figura 2.2 Carta psicrométrica a presión barométrica de 101,325 kPa (nivel mar)

Fuente: Elaboración propia

a) Humedad específica del aire

La cantidad de vapor de agua en el aire puede determinarse de varias maneras. Es probable que la más lógica sea precisar directamente la masa de vapor de agua presente en una unidad de masa de aire seco, a la que se le denomina humedad absoluta o específica y que se representa por medio de ω: $\omega = m_v/m_a$ (kg de vapor de agua/kg de aire seco)

Según ecuación de dos gases ideales (vapor y aire) tenemos que la humedad específica se expresa como

$$\omega = m_v/m_a = \frac{P_v V/R_v T}{P_a V/R_a T} = \frac{R_a P_v}{R_v P_a} = \frac{0{,}2870}{0{,}4615}\frac{P_v}{P_a} = 0{,}622\frac{P_v}{P_a}$$

$$\omega = \frac{0{,}622\ P_v}{P - P_v} \quad \text{(kg de vapor de agua/kg de aire seco)} \qquad \text{(ec. 2.1)}$$

Donde P es la presión atmosférica total e igual a 101,325 kPa.

Según tablas de vapor saturado de The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS), se tiene una presión de saturación de vapor de agua (P_v) para cada temperatura de aire, por lo tanto para cada temperatura del aire tenemos una humedad específica de saturación.

Las temperaturas de bulbo seco se muestran sobre el eje horizontal y la humedad específica sobre el eje vertical.

b) Humedad relativa del aire

Se define como la relación de la masa de vapor presente y la masa de vapor que a la misma temperatura saturaría la mezcla.

También se determina como consecuencia, como la relación entre la presión parcial del vapor y la presión de saturación a la misma temperatura.

$$\Phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V/R_v T}{P_g V/R_v T} \qquad \Phi = \frac{P_v}{P_g} \qquad \text{(ec. 2.2)}$$

siendo $P_g = P_{sat@T}$

Si se combinan las ecuaciones 2.1 y 2.2 las humedades se pueden expresar como:

$$\Phi = \frac{\omega P}{(0{,}622 + \omega)\, P_g} \qquad \omega = \frac{0{,}622 \Phi P_g}{P - \Phi P_g} \qquad \text{(ec. 2.3)}$$

En el extremo izquierdo de la carta se observa la curva de aire saturado (100% de humedad relativa) y siguiendo hacia la derecha con la misma tendencia se observan las líneas de menor humedad relativa.

c) Líneas de Entalpía constante

La entalpía total del aire atmosférico es la suma de las entalpías del aire seco y del vapor de agua:

$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v$; al dividir por m_a se obtiene

$h = H / m_a = h_a + m_v / m_a \times h_v = h_a + \omega\, h_v$

$h = h_a + \omega\, h_g$ (kJ/kg aire seco) (ec 2.4)

2.5 Método de secado considerado para el secador neumático

El método de secado considerado aquí utiliza la carta Psicrométrica hecha especialmente para los rangos de temperatura empleados en este proyecto.

Así para el secador neumático, las condiciones atmosféricas estarán representadas por el punto A de la figura 2.2

Luego de calentar el aire definiremos el punto B en el cual el contenido de humedad específica permanece constante.

El aire entra en contacto con el producto húmedo y suponiendo que no hay intercambio de calor con el exterior el contenido de humedad se elevará y la temperatura de bulbo seco descenderá a lo largo de la recta de entalpía constante la cual es muy similar a la de bulbo húmedo. La intersección con la línea de saturación nos indicará la máxima humedad que el aire a esas condiciones puede contener. En la práctica los secadores absorben entre un 60 a 70% de esta humedad máxima lo que se conoce como rendimiento de evaporación.

2.6 Combustión del GLP con el aire

El GLP utilizado es una mezcla compuesta principalmente por 60% de propano y 40% de butano. Vamos a analizar estas reacciones y obtener las relaciones más importantes en nuestro proceso.

Pesos atómicos: C=12 O=16 N=14 H=1

Combustión del propano

$C_3H_8 + 5(O_2+3,76N_2) \longrightarrow 3CO_2+4H_2O+18,8N_2$

Balance de masas para 1 mol de combustible

Combustible: 3x12+8x1=44

Aire: 5x (2x16+3,76x2x14)=686,4

Relación de masas aire/combustible

$r_{a/c}$ = 686,4/44= 15,6 kg de aire/kg de combustible

Combustión del butano

$C_4H_{10} + 6,5(O_2+3,76N_2) \longrightarrow 4CO_2+5H_2O+24,44N_2$

Balance de masas para 1 mol de combustible

Combustible: 4x12+10x1=58

Aire: 6,5x (2x16+3,76x2x14)=892,3

Relación de masas aire/combustible

$r_{a/c}$ = 892,3/58= 15,4 kg de aire/kg de combustible

Combustión del GLP (60% propano, 40% butano)

$0,6\,[C_3H_8 + 5(O_2 + 3,76N_2)] + 0,4\,[C_4H_{10} + 6,5(O_2 + 3,76N_2)] \longrightarrow$

$0,6\,[3CO_2+4H_2O+18,8N_2] + 0,4\,[4CO_2+5H_2O+24,44N_2]$, quedando como:

$\{0,6\,[C_3H_8] + 0,4\,[C_4H_{10}]\} + 5,6\,[(O_2 + 3,76N_2)] \rightarrow 3,4CO_2+4,4H_2O+21,06N_2$

Realizando un análisis de masas tenemos:

Reactantes

GLP: $\{0,6\ [C_3H_8] + 0,4\ [C_4H_{10}]\} = 0,6\ [3x12+8x1] + 0,4\ [4x12+10x1] = 49,6$ kg

Aire: $5,6\ [(O_2 + 3,76N_2)] = 5,6\ [2x16 + 3,76x2x14] = 768,8$ kg

Productos de la combustión

Bióxido de carbono: $3,4CO_2 = 3,4\ [12+2x16] = 149,6$ kg

Vapor de agua: $4,4H_2O = 4,4\ [2x1+16] = 79,2$ kg

Nitrógeno: $21,06N_2 = 21,06\ [2x14] = 589,7$ kg

Relación de masas aire/combustible

$r_{a/c} = 768,8/49,6 = 15,5$ kg de aire/kg de combustible

La ecuación de combustión para una unidad másica de combustible es:

1 kg GLP + 15,5 kg aire $\longrightarrow$ 3,0 kg CO_2 + 1,6 kg vapor agua + 11,9 kg N_2

(ec. 2.6)

CAPITULO III

DISEÑO DEL SECADOR

3.1 Descripción del Secador Neumático

El secador neumático se compone de los siguientes elementos, tal como se puede apreciar en la Fig.3.1

1.- Un generador de gases calientes (quemador y cámara de combustión)

2.- Un alimentador de producto húmedo (tornillo de transporte y tolva de carga).

3.- Tres (03) ductos de secado en posición vertical.

4.- Un ciclón de recolección de polvo.

5.- Un (1) ventilador centrífugo.

6.- Un filtro de mangas autolimpiante.

7.- Bolsas de descarga

Principios de funcionamiento

En este secador el secado se lleva a cabo de la siguiente manera:

1.- Los gases de combustión se mezclan con aire del exterior y son succionados por el ventilador y transportados a través del secador.

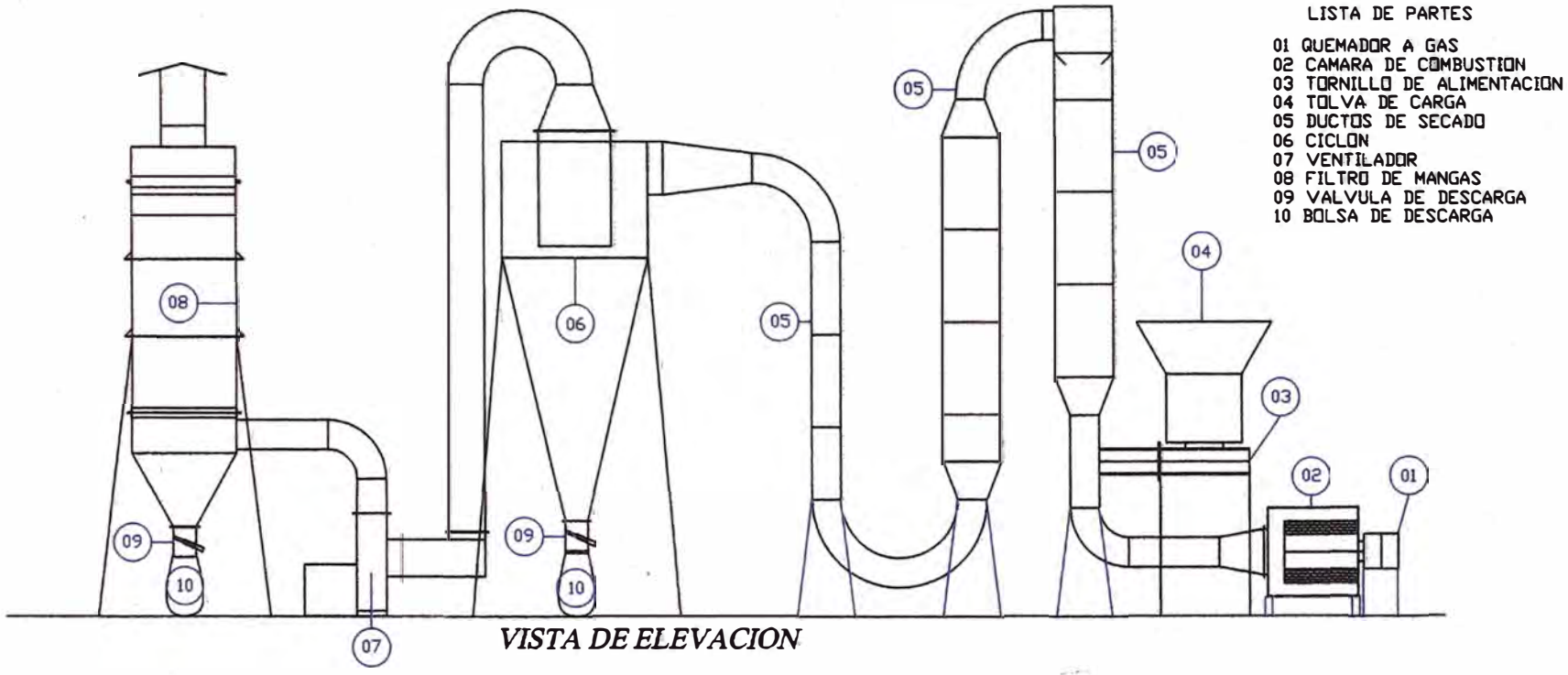


FIGURA 3.1: Partes que conforman el secador neumático de oxicloruro de cobre

2.- La materia prima húmeda almacenada en la tolva de carga se introduce en la corriente de gases por medio del tornillo de transporte en el ducto de succión.

3.- El producto húmedo recorre los ductos mezclándose íntimamente con los gases de combustión y aire perdiendo progresivamente su humedad hasta el secado deseado.

4.- La mezcla de gases con producto seco son succionados por el ventilador y separados en una primera etapa por el ciclón y después por el filtro de mangas luego del cual el producto es depositado en bolsas acondicionadas para tal fin y los gases residuales expulsados a la atmósfera.

3.2 Consideraciones de diseño en el proceso de secado

Suposiciones:

Para efectos del balance de calor consideraremos que el secado ocurre a presión constante y atmosférica pues la caída de presión en este secador no sobrepasa los 3 kPa lo cual es una variación muy pequeña con respecto a la presión atmosférica de 101,325 kPa.

Nosotros vamos a suponer que el secado se realiza solo con aire pues la cantidad de gases de combustión es pequeña (6% aprox) comparada con la

cantidad de aire que ingresa adicionalmente para el secado por lo que vamos a utilizar la Carta Psicrométrica elaborada para tal fin.

Condiciones atmosféricas:

Las condiciones atmosféricas representadas por el punto A en la carta psicrométrica y consideradas para este secador son:

- Temperatura de bulbo seco 25 ^{0}C
- Humedad relativa 63,5 %
- Presión atmosférica 101,325 kPa

Datos de producción

Tiempo de operación	20 horas diarias
Producción proyectada	15 t/d de producto seco
	750 kg/h de producto seco
Densidad del producto seco	680 kg/m^3
Humedad inicial	28% base húmeda
Humedad final	Menor al 1% base húmeda
Alimentación	20,8 t/d de producto húmedo
	1 040 kg/h de producto húmedo
Masa de agua a evaporar	5,8 t/d
	290 kg/h

3.3 Cálculo de los parámetros de diseño del secador

Cuando el calor necesario para la evaporación se suministra con aire inyectado, es conveniente usar la carta psicrométrica de la figura 2.2 hecho especialmente para solucionar problemas de secado. Mediante la teoría expuesta en el acápite 2.4 y 2.5 procederemos a calcular los parámetros necesarios para el secador neumático.

Según tabla de vapor saturado de (The International Association for the Properties of water and Steam) IAPWS tenemos que:

Pos	Temp. T.B.S. T (ºC)	Presión saturación P_{sat} (kPa)	Entalpía Líquido Sat. h_f (kJ/kg)	Entalpía Evaporac. h_{fg} (kJ/kg)	Entalpía Vapor Sat. h_g (kJ/kg)	Humedad Espec sat. ω(kg/kg)
1	25	3,1698	104,83	2 441,7	2 546,5	0,020
2	20	2,3392	83,915	2 453,5	2 537,4	
3	200	1 554,9	852,26	1 939,8	2 792,0	

Humedad absoluta o específica de saturación (ω): empleando ec 2.1

P es la presión atmosférica y P_g es la presión de saturación del agua a determinada temperatura

- Para 25 ºC tenemos que:

$$\omega_1 = \frac{0{,}622 \times P_{g1}}{P - P_{g1}} = \frac{0{,}622 \times 3{,}1698}{101{,}325-3{,}1698}$$

ω_1= 0,020 kg de vapor de agua/kg de aire seco

Si el aire atmosférico se encuentra a 63,5% de humedad relativa, entonces la presión parcial del vapor será:

$P_v = (63,5/100) \times P_{sat.}$ a 25ºC

$P_v = 0,635 \times 3,1698 = 2,0128$ kPa y

de donde la humedad específica del punto A será:

$$\omega_A = \frac{0,622 \times P_v}{P - P_v}$$

$$\omega_A = \frac{0,622 \times 2,0128}{101,325 - 2,0128}$$

$\omega_A = 0,0126$ kg de vapor de agua/kg de aire.

También podemos comprobar la humedad específica inicial del aire a través de un proceso de saturación adiabática con la siguiente ecuación.

$$\omega_A = \frac{C_p (T_2 - T_1) + \omega_2 h_{fg2}}{h_{g1} - h_{f2}}$$

en donde la temperatura de bulbo húmedo puede emplearse en lugar de T_2 y T_1 es la temperatura inicial de bulbo seco de la mezcla.

$$\omega_A = \frac{1,005\ (20-25) + 0,0147(2\ 453,5)}{2\ 546,5 - 83,915}$$

$\omega_A = 0,0126$ kg de vapor de agua/kg de aire.

Entalpía del aire atmosférico:

La entalpía total del aire atmosférico es la suma de las entalpías del aire seco y del vapor de agua:

$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v$; al dividir por m_a se obtiene

$h = H / m_a = h_a + m_v / m_a \times h_v = h_a + \omega\, h_v$ (kJ/kg aire seco)

$h = h_a + \omega h_g$ (kJ/kg aire seco); puesto que $h_v = h_g$

La entalpía para el punto A será, empleando la ec 2.4

$h_A = h_{a1} + \omega h_{v1} = C_p T_1 + \omega_A h_{g1}$

$h_A = 1{,}005\ (25) + 0{,}0126\ (2\ 546{,}5)$

$h_A = 57{,}2$ kJ/kg aire seco

<u>La entalpía específica del punto B:</u>

La entalpía para el punto B será, empleando la ec 2.4

$h_B = h_{a3} + \omega_B h_{v3} = C_p T_3 + \omega_B h_{g3}$

$h_B = 1{,}005\ (200) + 0{,}0126\ (2\ 792{,}0)$

$h_B = 236{,}2$ kJ/kg aire seco

Si calentamos el aire con el quemador definiremos el punto B en el cual el contenido de humedad específica permanece constante y sus parámetros serán:

- Temperatura de bulbo seco — 200 ^{0}C
- Temperatura de bulbo húmedo — 47,5 ^{0}C
- Humedad relativa — Menor al 1 %
- Humedad especifica ($\omega_B = \omega_A$) — 0,0126 kg de agua/kg de aire seco
- Entalpía específica (h_B) — 236,2 kJ/kg aire

El calor necesario para calentar el aire será la diferencia de entalpías, esto es: $Q = \Delta h = h_B - h_A = 236{,}2 - 57{,}2 = 179{,}0$ kJ/kg de aire seco

El aire entra en contacto con el producto húmedo y suponiendo que no hay intercambio de calor con el exterior, el contenido de humedad específica se elevará, y la temperatura del bulbo seco descenderá a lo largo de la recta de entalpía constante de 236,2 kJ/kg o 48ºC Tbh aprox. La intersección de la línea de saturación del diagrama nos indica que la humedad específica de saturación será de 0,0734 kg de agua/kg de aire seco, o sea:

Incremento de humedad máxima

$\Delta\omega = 0{,}0734 - 0{,}0126 = 0{,}0608$ kg de vapor de agua/kg de aire seco

En la práctica los secadores absorben un 60 ó 70 % de esta humedad máxima lo que se conoce como "rendimiento de la evaporación". Admitiendo en nuestro caso un rendimiento de evaporación del 65%, tenemos que:

Humedad absorbida real

$\Delta\omega_R = 0{,}65 \times 0{,}0608 = 0{,}03952$ kg agua/kg aire seco.

Correspondiendo a la condición C en la cual el aire abandona el secador a una humedad específica final del aire de

$\omega_c = 0{,}0126 + 0{,}03952 = 0{,}05212$ kg de agua/kg de aire seco y a una temperatura de bulbo seco de 96°C.

Como en nuestro caso es preciso evaporar 290 kg de agua/hora entonces

- Masa de aire necesaria = 290/0,03952 = 7 338 kg aire seco por hora
- Calor necesario = 179 kJ/kg X 7 338 kg/h = 1 314 000 kJ/h

Como tener en cuenta las pérdidas de calor

El acápite anterior no consideró las pérdidas de calor. Suponiendo que las pérdidas de calor sean estimadas en un 10%, tenemos que:

Pérdidas de calor = 0,1 x 1 314 000 = 131 400 kJ/h

Entonces debe suministrarse

Calor Total = 1 314 000 + 131 400 = 1 445 400 kJ/h

Calor necesario total: 1 445 400 kJ/h

Puesto que la temperatura de bulbo seco permanece en 96°C y 48°C TBH, el calor adicional está limitado a esta entalpía que es de 236,2 kJ/kg y a su diferencia de entalpías con el ambiente que era de 179,0 kJ/kg. Por consiguiente lo que varía es la cantidad de aire seco la cual es:

Masa de aire necesaria final:

$Q = \dot{m}\,\Delta h$; $\dot{m} = Q / \Delta h$

$\dot{m}_a$ = (1 445 400 kJ/h)/(179,0 kJ/kg)

$\dot{m}_a$ = 8 075 kg aire seco/h y

$\dot{m}_v$ =8 075x0,0126kg vapor de agua/h= 101,8 kg de vapor de agua ambiental

$\dot{m}$ = 8 177 kg aire húmedo/h

No obstante el calor contenido en el aire abandonando el secador será 1 314 000 kJ/h pues 131 400 kJ/h han sido perdidos en el curso del secado.

El calor contenido en el punto C´ es

= (1 314 000 kJ/h) / (8 075 kg aire seco/h) = 162,7 kJ/kg de aire seco

Por encima del calor inicial del ambiente, esto es

$Q_{c'}$ = 162,7 + 57,2 = 219,9 kJ/kg de aire seco

La cantidad de humedad a saturación para este contenido de calor es de 0,0675 kg/ vapor/kg aire seco.

Para evaporar 290 kg agua/h se requieren 8 075 kg de aire seco/h esto significa un incremento de la humedad de

$\Delta\omega$ = 290/8 075 = 0,03591 kg de vapor/kg de aire seco,

con lo que la humedad específica final (punto C') quedaría como

$\omega_{c'}$ = 0,0126 + 0,03591 = 0,04851 kg de vapor/kg de aire seco

Entonces el rendimiento de la evaporación será de:

(0,04851-0,0126) / (0,0675-0,0126) = 0,654

65,4% valor ligeramente superior al valor inicialmente asumido.

Presión parcial de vapor a 96°C. Según ecuación 2.1, tenemos

$\omega = \frac{0{,}622\ P_v}{P-P_v}$ (kg de vapor /kg de aire seco), de donde

$$P_v = \frac{\omega P}{0{,}622 + \omega} \qquad P_v = \frac{0{,}04851 x 101{,}325}{0{,}622 + 0{,}04851} = 7{,}33 \text{ kPa}$$

Presión de saturación a 96°C : 87,97 kPa (Apéndice 1)

Humedad relativa final:

$\Phi = P_v/P_g = 7{,}33/87{,}97 = 0{,}0833 = 8{,}33\%$

Volumen de la mezcla aire húmedo a 96°C:

De la ecuación de gases ideales y de presión parcial, tenemos que el volumen específico del aire seco es:

$$v_a = \frac{R_a T}{(P - P_v)} = \frac{0{,}287 x (273+96)}{(101{,}325 - 7{,}33)} = 1{,}1267 \text{ m}^3/\text{kg de aire seco}$$

y la densidad del aire seco es: $\rho_a = 1/ v_a = 1/1{,}1267 = 0{,}888$ kg/m^3

y el volumen específico del vapor es:

$$v_v = \frac{R_v T}{P_v} = \frac{0{,}4615 x (273+96)}{7{,}33} = 23{,}23 \text{ m}^3/\text{kg de aire seco}$$

la densidad del vapor es: $\rho_v = 1/ v_v = 1/23{,}23 = 0{,}0430$ kg/m^3

la densidad del aire húmedo será $\rho_{av} = \rho_a + \rho_v = 0{,}888 + 0{,}0430 = 0{,}931$ kg/m^3

el volumen específico de la mezcla es $v_{av} = 1/ 0{,}931 = 1{,}074$ m^3/kg de aire seco

Luego de este proceso el punto C´ queda definido como:

- Temperatura de bulbo seco : 96^{0}C
- Temperatura de bulbo húmedo : 47,5 ^{0}C
- Humedad especifica $\omega_{c'}$: 0,04851 kg /kg
- Presión parcial de vapor : 7,33 kPa

- Humedad relativa : 8,33%
- Entalpía específica ($h_{c'}$) : 219,9 kJ/kg aire
- Volumen específico : 1,1267m^3/kg de aire seco

Consumo de combustible (GLP)

Consumo de GLP (kg/h) = Calor necesario/Poder calorífico

= (1 445 400kJ/h) / (46 210 kJ/kg)

= 31,3 kg/h = 58,9 l/h

Según la ec. 2.6 tenemos

1 kg GLP + 15,5 kg aire ⟶ 3,0 kg CO_2 + 1,6 kg vapor agua + 11,9 kg N_2;

luego para el flujo de calor solicitado por el secador la ecuación másica de combustión se expresa como:

31,3 GLP + 485,2 aire ⟶ 93,9 CO_2 + 50,1 vapor agua + 372,5 N_2 (kg/h)

Gases de combustión = 466,4 de (CO2 + N2) y 50,1 vapor de agua (kg/h)

Estos gases de combustión son incorporados a la corriente de aire y se comportan como tal a excepción del vapor de agua que se comporta como un elemento neutro en el proceso de secado.

Balance de materias en el secador

Materias que ingresan:

1.- Oxicloruro húmedo

1 040 kg/h a 28% de humedad.

750kg/h de oxicloruro seco + 290kg/h de agua

2.- Aire atmosférico (incluido gases de combustión)

8 075 kg/h de gases secos + 102 kg/h de vapor atmosférico

3.- Vapor de combustión 50 kg/h

Materias que salen:

1.- Oxicloruro seco

750 kg/h

2.- Gases calientes

8 075 kg/h de gases secos

(102 +290 +50) = 442 kg/h de vapor

8 075 kg/h de gases secos + 442 kg/h vapor

8 517 kg/h de gases húmedos.

3.4 Selección y/o dimensionamiento de los equipos y piezas principales del secador

Selección del Quemador

La energía necesaria para lograr la temperatura de operación del sistema es proporcionada por un quemador para gas licuado de petróleo (GLP) el cual según nuestros cálculos anteriores debe proporcionarnos 1 445 400 kJ/hora.

Vamos a utilizar un quemador de GLP marca EQA mod 181 el cual cumple con entregarnos el calor necesario y tiene un consumo de 31,3 kg/h o 58,9 l/h

El fabricante nos recomienda una cámara de combustión que describimos a continuación:

Está conformada por una cámara de ladrillos refractarios de 460 mm de diámetro interior y una longitud de 1 000 mm. Tiene alrededor un cilindro de 1 160 mm de diámetro por 1 219 mm de longitud el cual sirve para ingreso de aire al secador y a la vez para aprovechar la emisión de calor de la cámara de combustión por las paredes de refractario. En el lado derecho del esquema se muestra un disco el cual tiene unas aberturas las cuales permiten el ingreso del aire en forma de espiral hacia el vacío de la cámara para aprovechar mejor el calor.

Presentamos un esquema de sus componentes en el Apéndice figura A-11

Selección del Ventilador

Necesitamos calcular el caudal de aire y la presión que necesita vencer el ventilador de acuerdo a las características físicas del secador.

El ventilador debe mover el aire atmosférico, el vapor de agua resultante del secado y de la combustión así como el producto seco.

El caudal de la mezcla a 96°C será:

$Q_{av} = v_{av}\ \dot{m}_{av}$ = 1,074 m^3/kg gases húmedos x 8 517 kg /h gases húmedos

Q = 9 147m^3/h = 2,54 m^3/s

Teniendo definido el caudal del ventilador (**2,54 m^3/s**) y la masa de aire (**8 517 kg/h**) atravesando el secador procederemos a seleccionar los ductos de secado para posteriormente evaluar la caída de presión originada en toda la línea.

El cálculo de este sistema se encuentra detallado en el Anexo 1 y ha dado como resultado 3 028 Pa. Esta caída de presión es calculada a diferentes temperaturas y por lo tanto a diferentes densidades del aire. Para la selección del ventilador se necesita evaluar la caída de presión a una sola temperatura y la más conveniente es la temperatura ambiente por lo tanto vamos a evaluar esta presión.

$\Delta P_{200°C}$ = 473 Pa $\Delta P_{150°C}$ = 268 Pa $\Delta P_{100°C}$ = 1 287 Pa

$\Delta P_{96°C}$ = 1 000 Pa

Aplicamos los factores de densidad correspondientes

Para 200°C r = 0,61 $\Delta P_{15,5°C}$ = 473/0,61 = 775 Pa

Para 150°C r = 0,682 $\Delta P_{15,5°C}$ = 268/0,682 = 393 Pa

Para 100°C r = 0,774 $\Delta P_{15,5°C}$ = 1 287/0,774 = 1 663 Pa

Para 96°C r = 0,782 $\Delta P_{15,5°C}$ = 1 000/0,782 = 1 279 Pa

y sumando estos resultados parciales tenemos

ΔP_{total} = 4 110 Pa

A partir de estos datos seleccionamos un ventilador con las siguientes características:

Marca	:	Peerless Electric
Modelo	:	M15
Caudal de aire	:	2,54 m^3/s
Presión estática a 15°C	:	4 110 Pa
Temperatura de operación	:	96°C
Potencia a 15°C	:	17,2 kW
Velocidad de rotación	:	2 200 rpm
Motor	:	22 kW 1760 rpm, 220V, 73,9 A 60Hz
Accionamiento	:	Fajas y poleas
Material del rotor y carcasa	:	Acero inox AISI 304
Materiales otros	:	Acero ASTM A-36

Selección del Ciclón:

El ciclón es un aparato que sirve para separar el polvo suspendido en el aire.

Lo componen dos cilindros en la parte superior, uno interior y otro exterior el cual tiene debajo una parte cónica.

Sus ventajas son la facilidad de fabricación el poco mantenimiento y una eficiencia que alcanza entre 85 y 95% de recolección de polvo.

El aire cargado de polvo se alimenta tangencialmente por la parte superior cilíndrica a través de una entrada de sección transversal rectangular, cuadrada o redonda. La corriente sigue una trayectoria en espiral que

primero se dirige hacia el fondo del cono y después asciende moviéndose aún en espiral por el centro por una boca de salida de sección circular abandonando el ciclón con mucho menos cantidad de polvo de la que ingresó. El polvo precipitado se descarga por un tubo ubicado en el fondo del cono del ciclón.

Emplearemos la teoría referida en el libro de Baturin de la bibliografía N°2 para seleccionar este dispositivo aunque variaremos algunos detalles por facilidad de fabricación.

La velocidad con que el aire ingresa al ciclón debe estar comprendida entre 10 y 25 m/s. La velocidad menor se fija por la necesidad de mantener el polvo en suspensión y la superior por el hecho que la eficacia aumenta ligeramente pero la resistencia aumenta proporcionalmente al cuadrado de la velocidad.

El diámetro del tubo de salida está determinado por la velocidad media del aire que sale del ciclón.

Para nuestro diseño, la relación de velocidades es:

$v_{ingreso} / v_{salida} = 3,6$

Para nuestro caso, tenemos

Caudal de aire = 2,54 m^3/s

Velocidad del aire de entrada asumida = 10 m/s

Entonces el área de ingreso será:

A_{ing} = Caudal/ $v_{ingreso}$

A_{ing} = (2,54 m^3/s) / (10 m/s) = 0,25 m^2

A_{ing} = Ancho x Altura

y la relación entre ancho y altura es

Altura = 2,0 x ancho, entonces calculando tenemos que:

Ancho = 0,35 m y Altura = 0,70 m de donde

A_{ing} = 0,35 x 0,70 = 0,245 m^2

Recalculando la velocidad de ingreso, tenemos

$v_{ingreso}$ = 2,54/0,245 = 10,4 m/s

La velocidad de salida será

v_{salida} = $v_{ingreso}$ / 3,6

v_{salida} = 10,4 /3,6 = 2,89m/s y el área de salida será

A_{salida} = Caudal / v_{salida} = 2,54/ 2,89 = 0,88 m^2

A_{salida} = pi x D^2/ 4, de donde

D = $(4 \times 0{,}88/3{,}14)^{0.5}$ D= 1,06 m

Nosotros usaremos D=0.97 m por facilidad de fabricación

A_{salida} = pi x D^2/ 4= pi x $0{,}97^2$/4 = 0,74 m^2

v_{salida} = 2,54/0,74 = 3,43 m/s

$v_{ingreso}/v_{salida}$ = 10,4/3,43 = 3,03

Las otras medidas se encuentran en el Apéndice figura A-12

Selección del Filtro de Mangas:

La recolección de polvo tiene que ser complementada por el filtro de mangas el cual alcanza hasta el 99,99% de separación de los polvos finos.

El filtro de mangas es una caja hermética la cual tiene acopladas una cierta cantidad de mangas de telas o algún material similar las cuales sirven para captar el polvo que no ha sido separado por el ciclón.

La corriente polvorienta del secador atraviesa las mangas depositando el polvo en la superficie y evacuando el aire filtrado por la parte superior. Estas mangas deben limpiarse cuando se saturan de polvo pues ocasionan pérdidas de transporte. En la parte inferior la tolva de recolección almacena el polvo temporalmente para luego descargarlo al exterior por medio de válvulas de cuchilla o válvulas rotativas motorizadas.

Existen filtros de mangas de limpieza manual y de limpieza automática.
Nosotros vamos a utilizar un filtro de mangas de limpieza automática los cuales utilizan pulsos de aire a alta presión que ingresan secuencialmente a través de un venturi por la parte superior de cada manga con una duración media de 0,1s. Las presiones empleadas para sacudir estas mangas está entre 400 y 700 kPa.

El material de la mangas será de Polyester los cuales pueden alcanzar una temperatura de operación continua de 135°C y picos de trabajo de 150°C.

El filtro de mangas debe ser tal que no ocasione una caída de presión muy alta y que permita la recolección del producto seco en forma eficaz.

El área filtrante debe ser tal que permita una velocidad a través de las telas de 0,04 m/s para generar una pérdida máxima de presión total de 1,0 kPa esto quiere decir que si tenemos un caudal de aire de 2,54 m^3/s pasando por el filtro, entonces

Área filtrante = Caudal/velocidad

Área filtrante = (2,54 m^3/s) / (0,04 m/s)

Área filtrante = 63,5 m^2

Seleccionamos un filtro con las siguientes características:

Número de mangas (N)	:	49
Diámetro de mangas (Φ)	:	0,15 m
Altura de mangas (h)	:	3,0 m

el área filtrante de estas mangas será:

Área = N x π x Φ x h = 49 x π x 0,15 x 3,0 = 69,3 m^2

Construcción del Secador:

Para la construcción del secador se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1.- El material de fabricación en contacto con el producto es acero inoxidable calidad 304 pues el producto es corrosivo además no debe estar contaminado con óxidos de fierro.

2.- El material de los ductos, ciclón y filtro de mangas fue de 1.5 mm de espesor, valor suficiente para resistir la presión de trabajo.

3.- El secador debe estar aislado con materiales que resistan la temperatura y posean baja conductividad térmica. Estos son: lana mineral para las zonas de temperaturas por encima de 150°C y lana de vidrio para zonas por debajo de estas temperaturas.

Fabricación de ductos.

Los ductos se fabrican tratando de evitar hasta donde sea posible el desperdicio de material.

Pondremos como ejemplo uno de los ductos del secador.

Diámetro interior (D_i) 386,5 mm

Longitud (l) 2 438 mm

Espesor (e) 1.5 mm

Desarrollo del material a ser rolado para darle la forma redonda.

Línea neutra $\pi(D_i + e)$

Línea neutra $\pi(386,5 + 1,5) = \pi(388) = 1\ 219$ mm

Entonces el desarrollo final de la pieza a trabajar es 1 219 x 2 438 mm

En este caso coincide el desarrollo de los ductos con las medidas comerciales de las planchas.

Fabricación de codos y transiciones.

Para la fabricación de codos y transiciones se elige de acuerdo al diámetro y otras características el número de piezas que tendrá. Esta se trazan y se cortan por separado luego se rolan o doblan independientemente para posteriormente apuntalarse entre ellos con el fin de darle forma a las piezas.

Se colocan las bridas donde corresponda y se fijan tirantes en cantidad suficiente para que al soldarse las piezas no se deformen. Luego se retiran todos los aditamentos auxiliares y se procede a limpiar los excesos de soldadura, de salpicadura y superficies irregulares con tal de tener una pieza bien formada y lo mas lisa posible a fin de evitar depósitos permanentes del material a transportar.

Para la fabricación del ciclón y filtro de mangas se procede en forma similar teniendo cuidado de efectuar los trazos previos al corte en medidas neutras.

A continuación exhibimos parte de la fabricación de las piezas que componen un secador neumático.

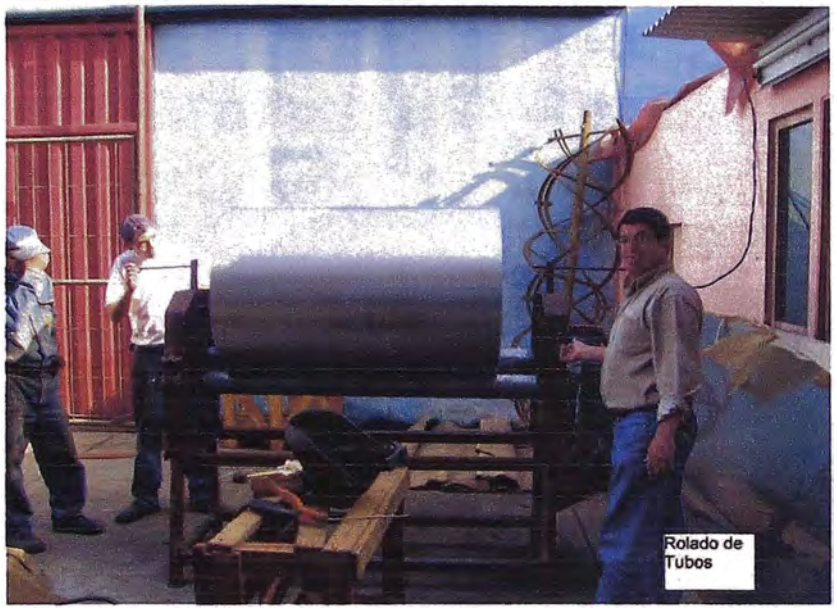


Fig. 3.2 Rolado de tubos

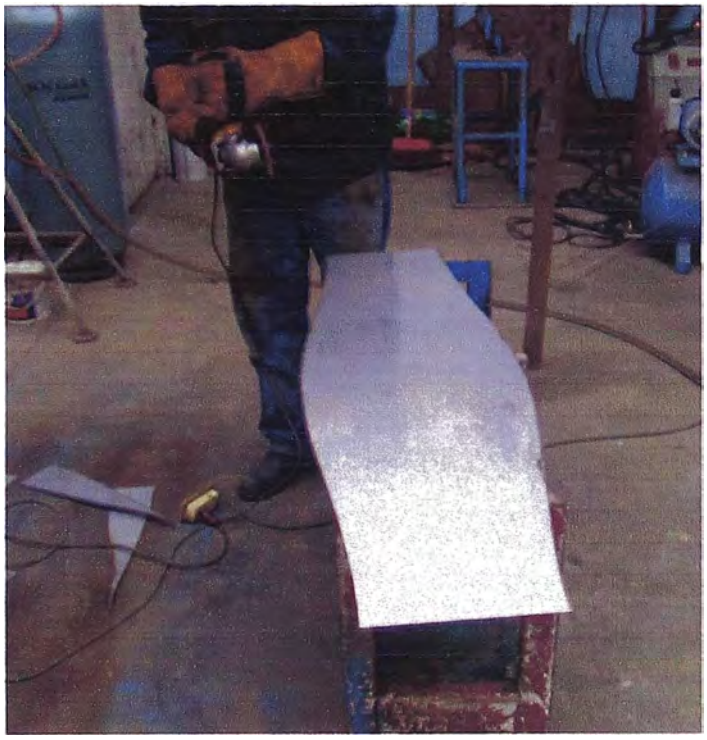


Fig 3.3 Corte de piezas que conforman un codo

Fig. 3.4 Tubos terminados

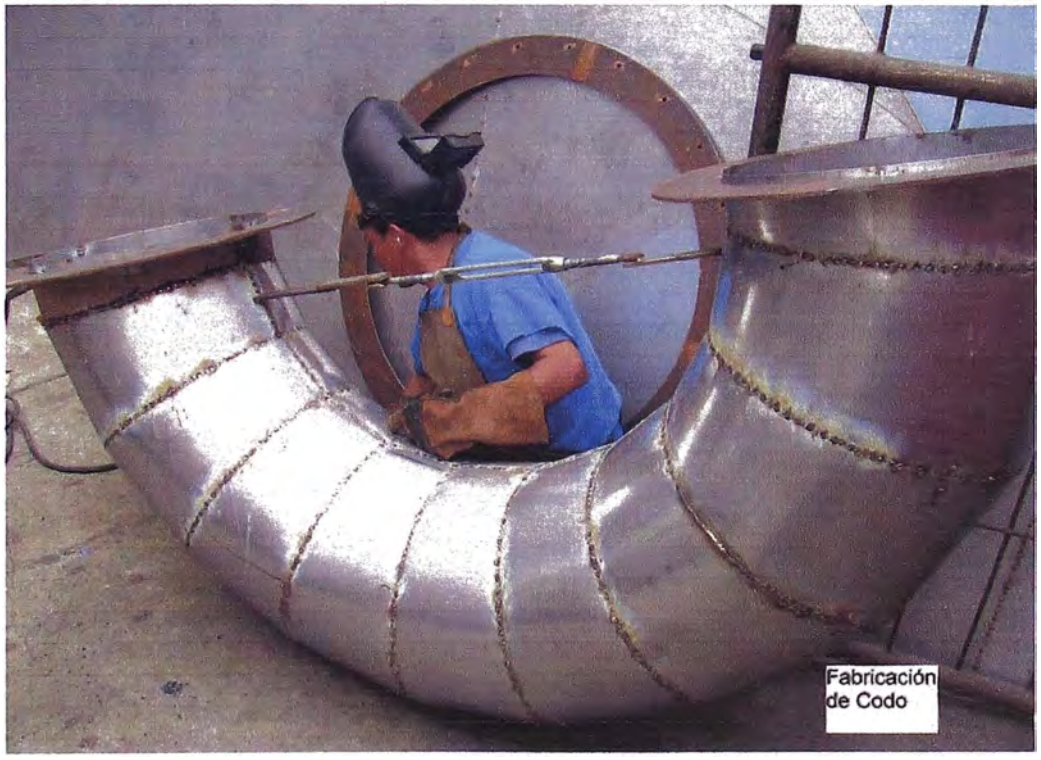


Fig. 3.5 Codo con forma definida

Fig. 3.6 Fabricación de la parte superior del ciclón

Fig. 3.7 Ciclón completo antes de quitar los refuerzos

Fig. 3.8 Ductos, ciclón, ventilador y filtro de mangas del secador.

Se puede observar parte del aislamiento térmico.

CAPITULO IV

ENSAYO DEL SECADOR

4.1 Valores obtenidos en las mediciones

Se realizan mediciones a temperatura ambiente.

Punto de medición. Según las normas del AMCA (Air Moving and Conditioning Association) para medición de velocidad del aire se escogió un punto en el ducto de subida al ciclón a una distancia del piso de 2.5 m (P_{14})

La medición se realizó con un tubo de Pitot de 15 pulg de longitud y un manómetro diferencial inclinado marca Dwyer con un rango de 0 a 3 pulg de columna de agua.

Para la medición de presión estática se usó un manómetro de columna de agua de fabricación nacional.

Temperatura de operación 22°C

Diámetro del ducto: 0,386 m

Medición de presión de velocidad:

Datos de los puntos de medición (ya transformados al SI)

P_{v1} = 249 Pa P_{v2} = 398 Pa P_{v3} = 398 Pa

P_{v4} = 398 Pa P_{v5} = 373 Pa P_{v6} = 323 Pa

P_{v7} = 323 Pa P_{v8} = 348 Pa P_{v9} = 373 Pa

P_{v10} = 373 Pa

obteniéndose una presión de velocidad promedio P_{vprom} = 354 Pa, del cual obtenemos una velocidad promedio del ducto igual a

$P_{vprom} = \rho v^2/2$ de donde $V_{prom} = (2P_{vprom}/\rho)^{1/2}$

$V_{prom} = (2x354/1,198)^{1/2}$ V_{prom} = 24,2m/s

y el caudal de aire lo calculamos como:

$Q = (\pi D^2/4)\ V_{prom} = (3,14 \times 0,386^2/4) \times 24,3 = 2,84\ m^3/s$

Medición de la presión estática:

En la boca de succión del ventilador P_{21}= - 3 425Pa

En la boca de descarga del ventilador P_{22}= 587 Pa

ΔP = 587-(-3425) = 4 012 Pa

Datos del motor

Datos de placa: 22kW, 220V, 73,9A, 1 760 Hz,

Voltajes de línea: 218V,216V,220V V_{linea} = 218V

Corriente de vacío: 27A Corriente de carga: 70A a 22°C

Cálculo de la potencia del motor. Según método del AMCA referido en el Apéndice figura A-7, tenemos que

Hma = Potencia de placa x (corriente de carga/corriente de placa) x (voltaje de línea/voltaje de placa), reemplazando valores tenemos

Hma = 22kW x (70A/ 73,9A) x (218V/220V) = 20,6kW

Hmb = Potencia de placa x (corriente de carga - corriente de vacío)/ (corriente de placa - corriente de vacío) x (voltaje de línea/voltaje de placa), reemplazando valores tenemos

Hmb = 22kW x (70A – 27A) / (73,9A - 27A) x (218V/220V) = 20,0kW

De donde la potencia del motor será el promedio de ambos resultados

P = (Hma + Hmb) / 2 = (20,6+ 20,0) / 2 = 20,3kW

Pérdida de potencia en las fajas (Utilizamos gráfico A-6 del Apéndice)

Para motor 22kW (30HP) las pérdidas se estiman en 4,5% y estas son

Potencia perdida = 20,3kW x 0,045 = 0,9kW entonces tenemos

Potencia en ventilador = Potencia del motor – Potencia perdida en fajas

Potencia en ventilador = 20,3kW - 0,9kW = 19,4kW

Medición de temperaturas:

T_{02} = 200°C T_{07} = 140°C T_{16} =120°C T_{23} = 105°C

4.2 Comparación con los datos de diseño

Observamos que hay una diferencia entre los datos de diseño con las mediciones efectuadas las cuales vamos a analizar.

Caudal de diseño: 2,54 m^3/s

Caudal registrado: 2,84 m^3/s

Variación de caudal: 2,84/2,54 = 1,12 (12% más de caudal)

Temperatura de salida: 96°C

Temperatura de salida registrada: 105°C

En las pruebas efectuadas se pudo conseguir el secado deseado aumentando el caudal de aire inicialmente calculado con un incremento de la velocidad del ventilador, asimismo se obtuvo una temperatura mayor en la salida como consecuencia de esta baja eficiencia de secado.

En la medición de la presión estática también se observan diferencias.
Se diseño para 4 100Pa de caida de presión y se obtuvo una presión de 4 012Pa. Esto indica una variación de 4 100/4 012 = 1.022 (2%), nos indica que a pesar de que se ha aumentado el caudal inicial en 12% la presión ha tenido un margen de seguridad suficiente para compensar este aumento.

En lo que respecta a la potencia del ventilador los valores obtenidos están cercanos a los seleccionados, esto también afecta el rendimiento del secador pero no asi al secado. A continuación comparamos estos valores.

Potencia de diseño: 18,6kW

Potencia registrada y calculada: 19,4kW

estamos a 19,4/18,6 = 1,043 ; 4% mas de potencia

CAPITULO V

ESTUDIO DE COSTOS

5.1 Costos de los equipos e instalación

El secador ha sido fabricado con ductos de acero inoxidable AISI 304 los cuales se unen entre sí con bridas de acero estructural ASTM A36. El aislamiento térmico que rodea a estos ductos consta de lana de roca en el ingreso de gases calientes (temperatura por encima de 150°C) y forro de lana de vidrio para el resto del secador (temperatura por debajo de 150°C).

El metrado del secador se sustenta en la figura A-5 del apéndice y se detalla en la tabla A-18 del mismo. En el rubro ductos se incluyen los pesos de ductos, codos, reducciones de diámetro y transiciones de redondo a rectangular, asimismo se efectúa el metrado del ciclón y filtro de mangas para luego detallar el costo de estos en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3

Se aprovecha el metrado de ductos para evaluar la cantidad de aislante térmico necesario en el secador.

Los costos han sido actualizados al 31 de Julio del año 2009 y a un tipo de cambio de 3,0 soles/dólar.

Costo de materiales (CM). No incluye impuesto general a las ventas (IGV)

Tabla 5.1 Costo de materiales de los ductos

Descripción	Unid	Cant	Costo unitario($)	Costo Total($)
Acero inox AISI 304 1,5 mm espesor	kg	829	4,50	3 730,50
Acero ASTM A36 6mm espesor	kg	420	0,80	336,00
Soldadura inox BW 3/32" espesor	kg	24	23,5	564,00
Soldadura cellocord 6011 1/8" espesor	kg	5	4,30	21,50
Discos desbaste ϕ41/2" x ¼" espesor	Pza	10	2,3	23,00
Oxigeno	m^3	27	4,00	108,00
Consumibles para corte de plasma	Pza	03	10,00	30,00
			Total	**$ 4 813,00**

Tabla 5.2 Costo de materiales del Ciclón

Descripción	Unid	Cant	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Acero inox AISI 304 1,5 mm espesor	kg	448	4,50	2 016,00
Acero ASTM A36 6mm espesor	kg	280	0,80	224,00
Soldadura inox BW 3/32" espesor	kg	10	23,5	329,00
Soldadura cellocord 6011 1/8" espesor	kg	5	4,30	17,20
Discos desbaste ϕ41/2" x ¼" espesor	Pza	5	2,30	11,50
Oxigeno	m^3	9	4,00	36,00
Consumibles para corte de plasma	Pza	02	10,00	20,00
			Total	**$ 2 653,70**

Tabla 5.3 Costo de materiales del Filtro de Mangas

Descripción	Unid	Cant	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Acero inox AISI 304	kg	533	4,50	2 398,50
Acero ASTM A36 6mm espesor	kg	420	0,80	336,00
Soldadura inox BW 3/32" espesor	kg	15	23,5	352,50
Soldadura cellocord 6011 1/8" espesor	kg	10	4,30	43,00
Discos de desbaste ¼" espesor	Pza	5	2,30	11,50
Oxigeno	m^3	20	4,00	80,00
Consumibles para corte de plasma	Pza	02	10,00	20,00
Varillas acero inox ϕ3mm para los canastillos de los venturis	Pza.	250	1,58	395,00
Venturis de fundición de aluminio	Pza	49	13,00	588,00
Mangas de Tela polyester	Pza	49	24,00	1 102,50
Válvulas solenoides Φ25,4 mm para aire comprimido.	Pza	7	75,00	525,00
Mangueras para aire comprimido	Pza	7	8,00	56,00
Tablero de control PLC de 8 salidas con fuente de 24 V	Pza	1	490,00	490,00

Total $ 6 398,00

Costo de materiales 1 (CM1)

Es la suma de los costos de las tablas 5.1; 5.2; y 5.3

CM1 = 4 813,00 + 2 653,70 + 6 398,00

CM1 = $ 13 864,70

Costo de mano de obra 1 (CM01)

Asignamos una fracción del costo de los materiales y según experiencia igual a 0,8 del CM1

CMO1 = 0,8 x 13 864,70

CM01= $ 11 091,76

Costo de instalación (CI1)

Este es el costo de instalación principal e incluye la instalación mecánica del ventilador, del tornillo de transporte, tolvas, quemador, cámara de combustión, indicadores de temperatura y todo lo necesario para que el secador funcione correctamente.

Asignamos una fracción del costo de los materiales y según experiencia igual a 0,65 del CM1

CI1 = 0,65 x 13 864,70

CI1 = $ 9 012,06

Costo Parcial 1= CM1+CM01+CI1 = 13 864,70+11 091,76+ 9 012,06

Costo Parcial 1= $ 33 968,52

Tabla 5.4 Costo de materiales del revestimiento térmico

Descripción	Unid	Cant	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Lana de vidrio nacional de 2" de espesor, densidad 60 kg/m^3	m^2	85	5,00	425,00
Lana de roca 2" de espesor, densidad 100 kg/m^3, con malla metálica	m^2	8	14,00	112,00
Forro de aluminio 1/54" espesor	kg	118	4,00	472,00
			Total	**$1 009,00**

Costo de materiales 2 (CM2)

Es el costo de la tabla 5.4

CM2 = $ 1 009

Costo de mano de obra 2 (CM02)

Asignamos una fracción del costo de los materiales y según experiencia igual a 0,5 del CM2

CMO2 = 0,5 x 1 009,00

CM02 = $ 504,50

Costo de instalación 2 (CI2)

Asignamos una fracción del costo de los materiales y según experiencia igual a 0,3 del CM2

CI2 = 0,3 x 1 009,00

CI2 = $ 302,70

Costo Parcial 2 = CM2+CM02+CI2 = 1 009,00+504,50+302,70

Costo Parcial 2 = $ 1 816,20

Utilidad

La utilidad se estima en un 25% de los costos parciales

Utilidad = 0,25x(Costo parcial1+Costo parcial2) = 0,15x(33 968,52+1 816,20)

Utilidad = $ 8 946,18

Tabla 5.5 Costo de equipos adquiridos a terceros

Descripción	Unid	Cant	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Ventilador centrífugo, material acero inoxidable, aletas rectas, accionado por fajas y poleas, con motor de 22 kW, 220V, 60 Hz	Pza	01	8 550,00	8 550,00
Tornillo de transporte de 200 mm de diámetro, accionado por motoreductor de 1.5 kW, 220V, 60 Hz	Pza	01	1 220,00	1 220,00
Quemador para GLP de 1 500 000 kJ/h	Pza	01	4 550,00	4 550,00
Cámara de combustión de 1,16 m de diámetro por 1,22 m de longitud	Pza	01	1 620,00	1 620,00
Tablero de control de motores	Pza	01	4 550,00	4 550,00
Indicadores de temperatura	Pza	03	156,00	312,00
			Total	**$ 20 802,00**

Costo Total.

El costo total es la suma de todos los costos vistos aquí.

Costo Total = 33 968,52+1 816,20+8 946,18+20 802,00

Costo Total = $ 65 532,90

5.2 Gastos operativos

Los gastos operativos están referidos a tres rubros los cuales son: Combustible, electricidad y personal de trabajo.

Gastos de combustible

Costo específico de GLP : 0,357 $/l

Consumo de GLP : 58,9 l/h

Tiempo de operación : 20 horas

Costo diario de GLP = 0,357x 58,9x x 20

Costo diario de GLP = 420,06 dólares diarios

Comparación con gas natural.

Del apéndice A-17 tenemos que el gasto de combustible se reduciría en 4,7/18 = 0,261 (costos específicos del gas natural y del GLP) esto es 0,261x420,06 = 109,6 dólares diarios

Costo diario de gas natural = 109,6 dólares diarios

Gastos de electricidad.

Costo específico de electricidad : 0,10 $/kW-h

Potencia del motor del ventilador : 20,30 kW

Potencia del motor del tornillo de transporte : 1,50 kW

Potencia total : 20,3 + 1,5 = 21,8 kW

Tiempo de operación : 20 h

Costo diario de electricidad = 0,10x21,8x20

Costo diario de electricidad = 43,60 dólares diarios

Gastos de personal.

Se necesita 1 operario por turno y se laboran 3 turnos diarios lo que hace un total de 3 operarios por día.

Costo unitario de operador : 40,00 dólares diarios, considerando cargas laborales adicionales al sueldo.

Costo de personal = 3 x 40,00 = 120,00

Gastos operativos diarios totales = 420,06+43,60+120,00

Gastos operativos diarios totales (GLP) = 583,66 dólares diarios

Costo específico por producto seco : Son los gastos operativos totales entre el producto seco.

Costo específico total = 583,66 $/día / 15 t/d

Costo específico total (GLP) = 38,91 dólares por tonelada

Comparación de gastos operativos totales empleando gas natural

Gastos operativos diarios totales = 109,6+43,60+120,00

Gastos operativos diarios totales (GN) = 273,2 dólares diarios

Costo específico total = 273,2/15 t/día = 18,2 dólares por tonelada

Costo específico total (GN) = 18,2 dólares por tonelada

CONCLUSIONES

- Se ha conseguido secar 750 kg/hora lo que indica que el método de secado empleado es bueno pues permite predecir el comportamiento real del secador.

- El secador al trabajar en succión en casi todo el recorrido del producto y a través del filtro de mangas con telas especiales proporcionan una mínima emisión de polvo al ambiente.

- Este secador es versátil pues puede ser empleado en productos de características similares solo modificando algunos parámetros tales como velocidad de alimentación de producto, temperatura de ingreso, velocidad del ventilador.

- El costo específico por operación alcanzado en el secador (38,91 dólares por tonelada) ha logrado satisfacer las expectativas del productor. Este costo puede ser reducido a 18,2 dólares por tonelada cuando se tenga en un futuro gas natural como combustible.

RECOMENDACIONES

Se debe tener cierto orden para hacer funcionar el secador. A continuación algunas recomendaciones sobre la secuencia de operación:

1.- Encendido del ventilador

2.- Encendido del quemador a baja temperatura (120°C)

El quemador sólo puede encender luego de 1 minuto (tiempo recomendado por fabricantes de quemadores) de encendido el ventilador para lograr una limpieza de posible fuga de GLP desde el quemador hacia el secador.

3.- Estabilización de la temperatura del secador (120°C). Se consigue luego de 10 minutos aproximadamente.

4.- Encendido del sistema de sacudido de mangas.

Inicialmente se debe monitorear el tiempo de sacudido para lograr una continuidad casi invariable de los parámetros del secador.

5.- Encendido del sistema de alimentación.

Se debe cuidar de no exceder la temperatura máxima de operación de las telas del filtro de mangas (135°C). El producto húmedo es un freno para lograr esto. El sistema de alimentación debe contar con un variador de velocidad para dosificar el ingreso de producto húmedo al secador. Esta

alimentación se va aumentando gradualmente conjuntamente con la temperatura de ingreso hasta lograr que el sistema alcance los parámetros de diseño.

6.- Inicialmente se debe realizar pruebas con el producto recogido para verificar que el secado es óptimo, de no ser así se puede modificar la temperatura de ingreso y/o la alimentación de producto húmedo cuidando de no exceder la temperatura límite del producto ni de la manga.

BIBLIOGRAFíA

1. Guía Práctica de la Ventilación Woods of Colchester Limited
   Primera edición española. Editorial Blume, Barcelona, 1970
2. Fundamentos de Ventilación Industrial por V. V. Baturin
   Primera edición:Octubre, 1976 Editorial Labor S.A.
3. Manual Del Ingeniero Químico, Robert H. Perry
   Tercera edición 1980. Editorial Uteha
4. Técnicas de Procesos en las Industrias Químicas y derivadas,
   El Secado Friedrich Kneule Ediciones Urmo, año 1966
5. Dryer Handbook APV CREPACO, INC.
6. Manual del AMCA (Air Moving and Conditioning Association)
7. Manual The Asbestos Institute " Una discusión general del control de polvo de Asbesto".
8. Termodinámica por Yunus A. Gengel y Michael A. Boles. . Quinta edición, Mc Graw Hill/ Interamericana editores, S.A. año 2006
9. Transferencia de calor. J.P. Holman 8ª edición, 1ª en español
   Mc Graw Hill/ Interamericana de España, año 1998
10. http://www.tragusa.com/esint/catalogo/ficha.php?producto=135
11. http://www.ega.com.ar/espanol/dtecnicos/quemadores/quem_181s.PDF
12. http://books.google.com.pe/books?id=QKM6R6OInP8C&printsec=frontcover#PPA137,M1

APÉNDICE

CONTENIDO

Gráfico A-1 Pérdida de energía en el sistema (flujo de aire en ductos)

Tabla A-2 Pérdida de energía en el sistema por cambios de dirección, expansión, contracción, ingreso, salida

Figura A-3 Norma del AMCA para la medición en ductos de aire

Figura A-4 Distribución de puntos en una sección transversal del ducto para evaluar la presión de velocidad según norma del AMCA

Figura A-5 Esquema del secador. Guía para evaluar la caída de presión y puntos de medición

Gráfico A-6 Pérdida de potencia en la transmisión por fajas

Figura A-7 Cálculo de la potencia de los ventiladores en función de la corriente de trabajo y de vacio del motor, según norma AMCA

Figura A-8 Catálogo del ventilador

Tabla A-9 Propiedades termodinámicas del agua saturada

Figura A-10 Catálogo del quemador

Figura A-11 Esquema de la cámara de combustión

Figura A-12 Esquema del ciclón

Figura A-13 Filtro Jet Pulse. Principio de funcionamiento

Figura A-14 Costo específico de combustibles

Figura A-15 Telas filtrantes. Características técnicas

Figura A-16 Características y usos del oxicloruro de cobre

Tabla A-17 Evaluación de la caída de presión en todo el secador

Tabla A-18 Metrado del secador

Gráfico A-1 Pérdida de energía en el sistema (Flujo de aire en ductos)

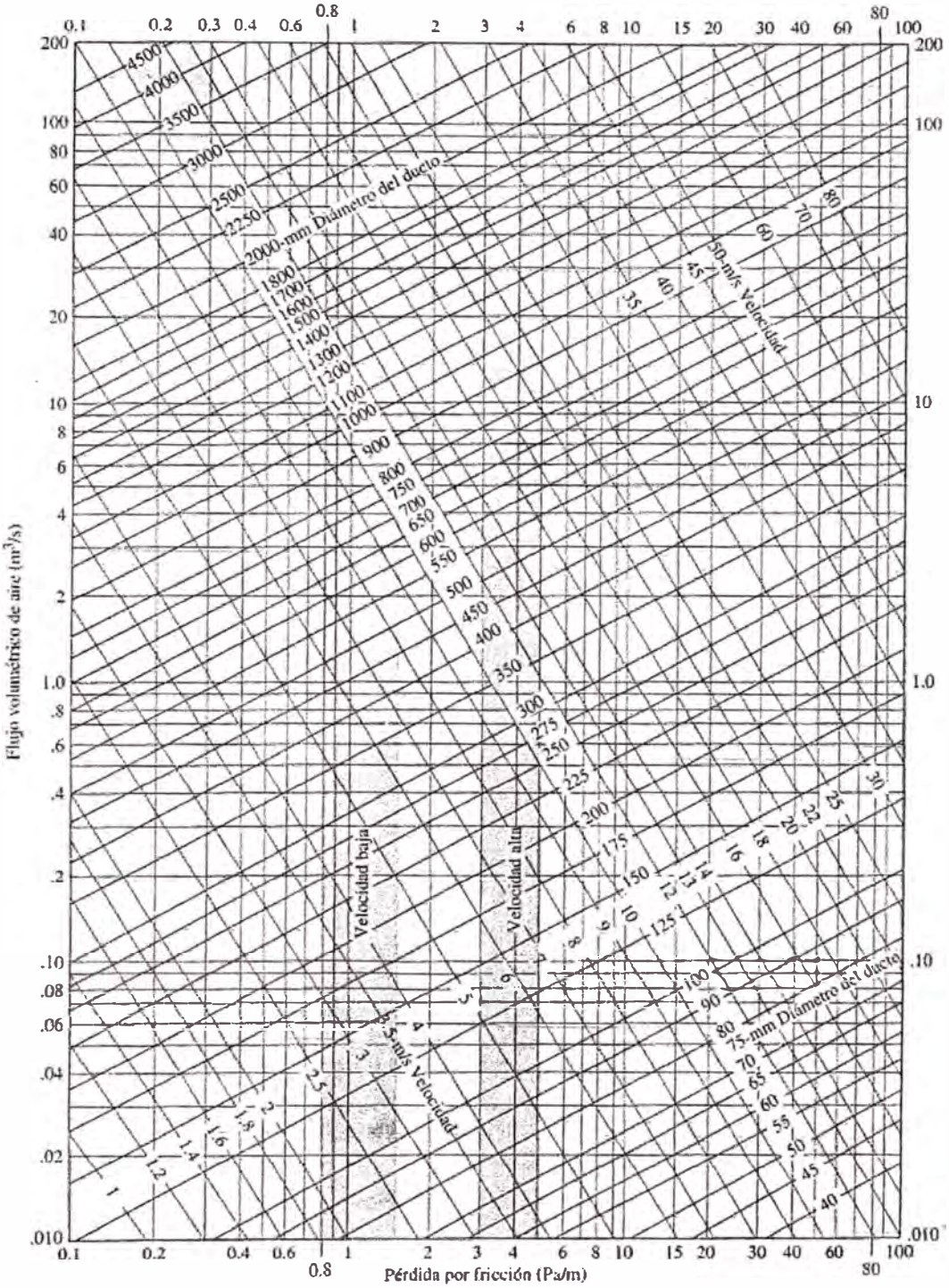


FIGURA 19.3 Pérdida por fricción en ductos —Unidades del SI. (Reimpreso con permiso de *ASHRAE Handbook: 1981 Fundamentals.*)

Tabla A-2 Pérdida de energía en el sistema por cambios de dirección, expansión, contracción, ingreso,salida

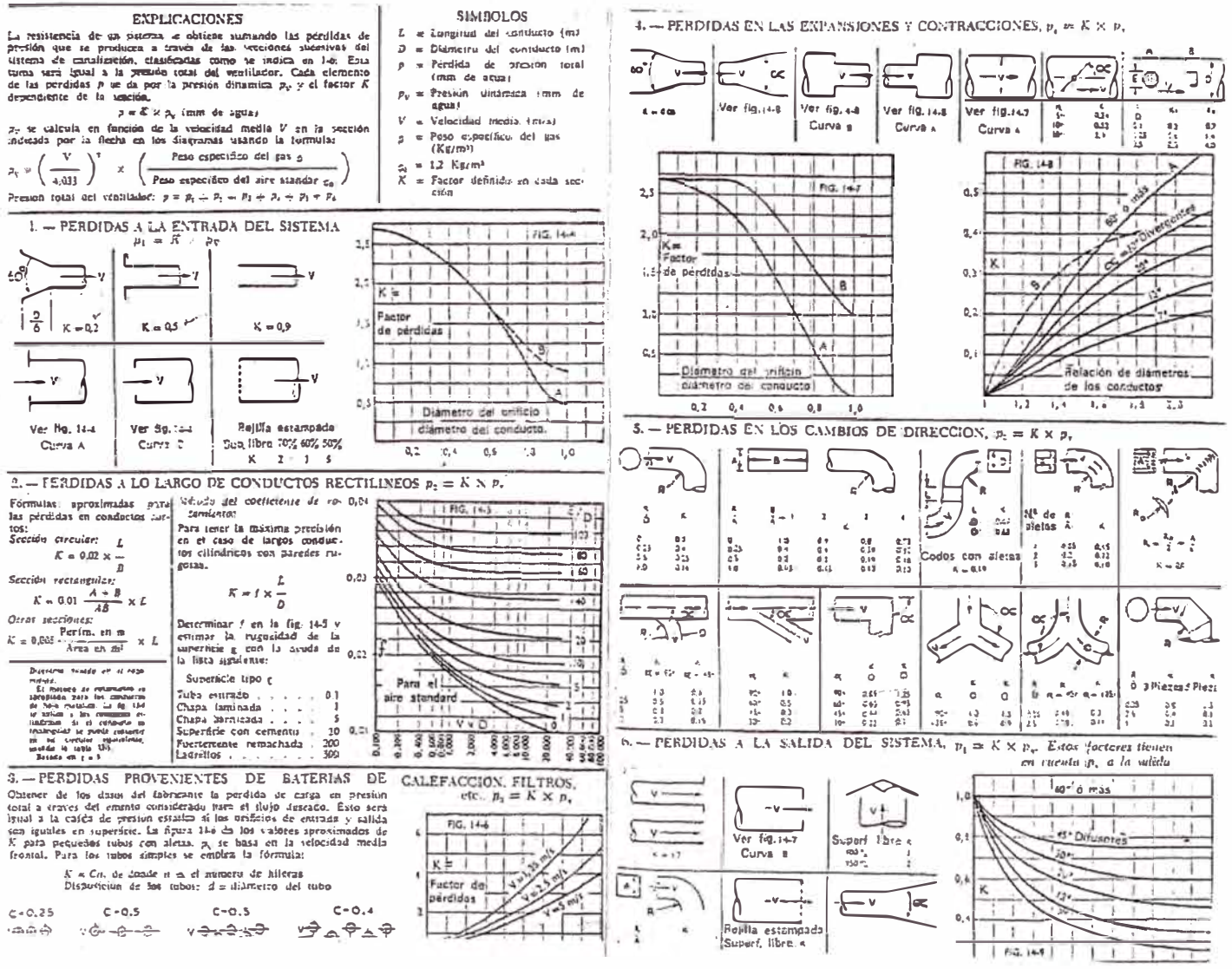
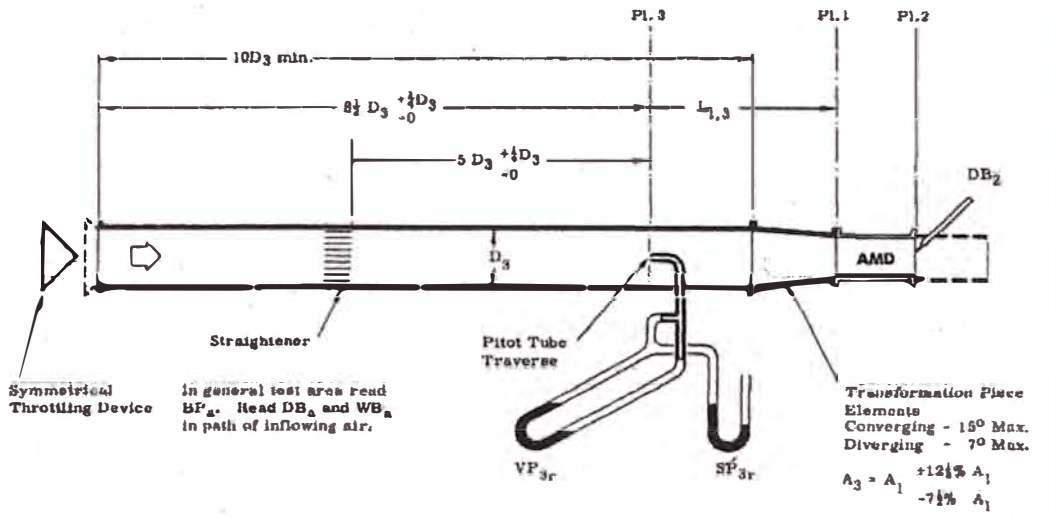


Figura A-3 Norma del AMCA para la medición en ductos de aire

AMCA Standard 210-67



APPLICABLE FORMULAE AND NOTES

$SP_3 = \frac{\sum SP_{3r}}{20}$

$VP_3 = \left(\frac{\sum\sqrt{VP_{3r}}}{20}\right)^2$

$V_3 = 1097\sqrt{\frac{VP_3}{d_3}}$

$TP_3 = SP_3 + VP_3$ (Algebraic)

$CFM_3 = V_3 A_3$

$VP = VP_2 = VP_3\left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2\left(\frac{d_2}{d_3}\right)$

$TP_1 = TP_3 - .02\left(\frac{L_{1,3}}{D_3}\right) VP_3$ (Algebraic)

$TP_2 = VP_2$

$TP = TP_2 - TP_1$ (Algebraic)

$SP = TP - VP$

$CFM = CFM_1 = CFM_3$

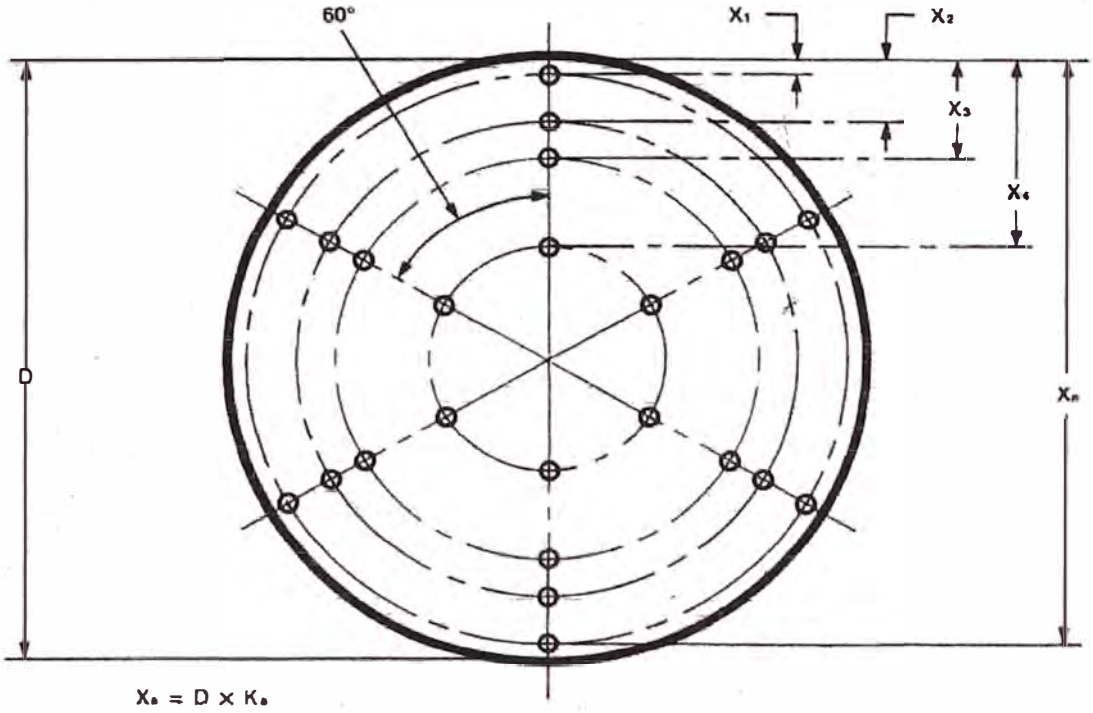
1. In this test method d_1 is considered equal to d_3, also d_3, d_a and d_2 may be considered equal when SP_3 is numerically less than 4 in.WG. In this case DB_2 need not be measured. In this test method DB_3 is considered equal to DB_a.
2. Dotted lines on inlet indicate an inlet bell, which may be used to approach more nearly AMD free air conditions.
3. Dotted lines on AMD outlet indicate a duct 2 to 3 diameters long and of a size and shape to fit the AMD outlet. This simulates an outlet duct and the outlet duct friction shall not be considered. If rectangular with transverse dimensions a and b, equivalent diameter = $\sqrt{4ab/\pi}$

FIGURE 2	PITOT TRAVERSE IN INLET DUCT	FOR AMDs USED WITH INLET DUCT, WITH OR WITHOUT OUTLET DUCT

Figura A-4 Distribución de puntos en una sección transversal del ducto para evaluar la presión de velocidad según norma del AMCA

DISTRIBUTION OF TRAVERSE POINTS

In order to obtain a representative average velocity in a duct, it is necessary to locate each traverse point accurately. It is recommended that the number of traverse points increase with increasing duct size. The distributions of traverse points for circular ducts, as indicated below, are based on the log-linear Pitot traverse method.



$X_n = D \times K_n$

where D is the inside diameter of the duct and K_n is the factor corresponding to the duct size and the traverse point location as indicated in the table below.

INSIDE DIAMETER OF DUCT	NUMBER OF TRAVERSE POINTS IN EACH OF 3 DIAMETERS	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}
LESS THAN 8 ft	8	.021	.117	.184	.345	.655	.816	.883	.978	—	—	—	—	—	—	—	—
8 ft THRU 12 ft	12	.014	.075	.114	.183	.241	.374	.626	.759	.817	.886	.925	.986	—	—	—	—
GREATER THAN 12 ft	16	.010	.055	.082	.128	.166	.225	.276	.391	.609	.724	.775	.834	.872	.918	.945	.990

DISTRIBUTION OF TRAVERSE POINTS FOR CIRCULAR DUCTS

Figura A-5 Esquema del secador. Guia para evaluar la caída de presión, metrado y puntos de medición

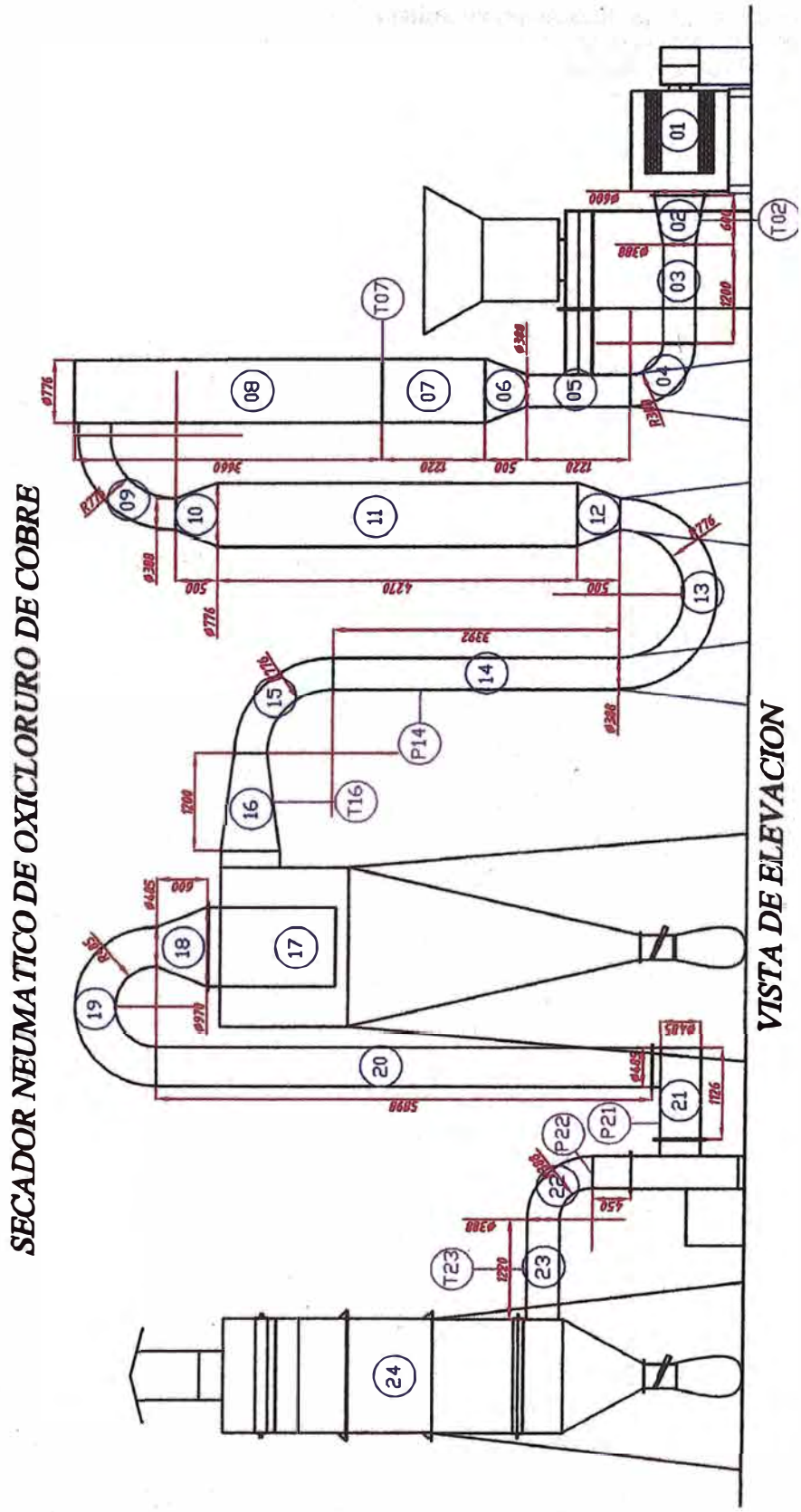
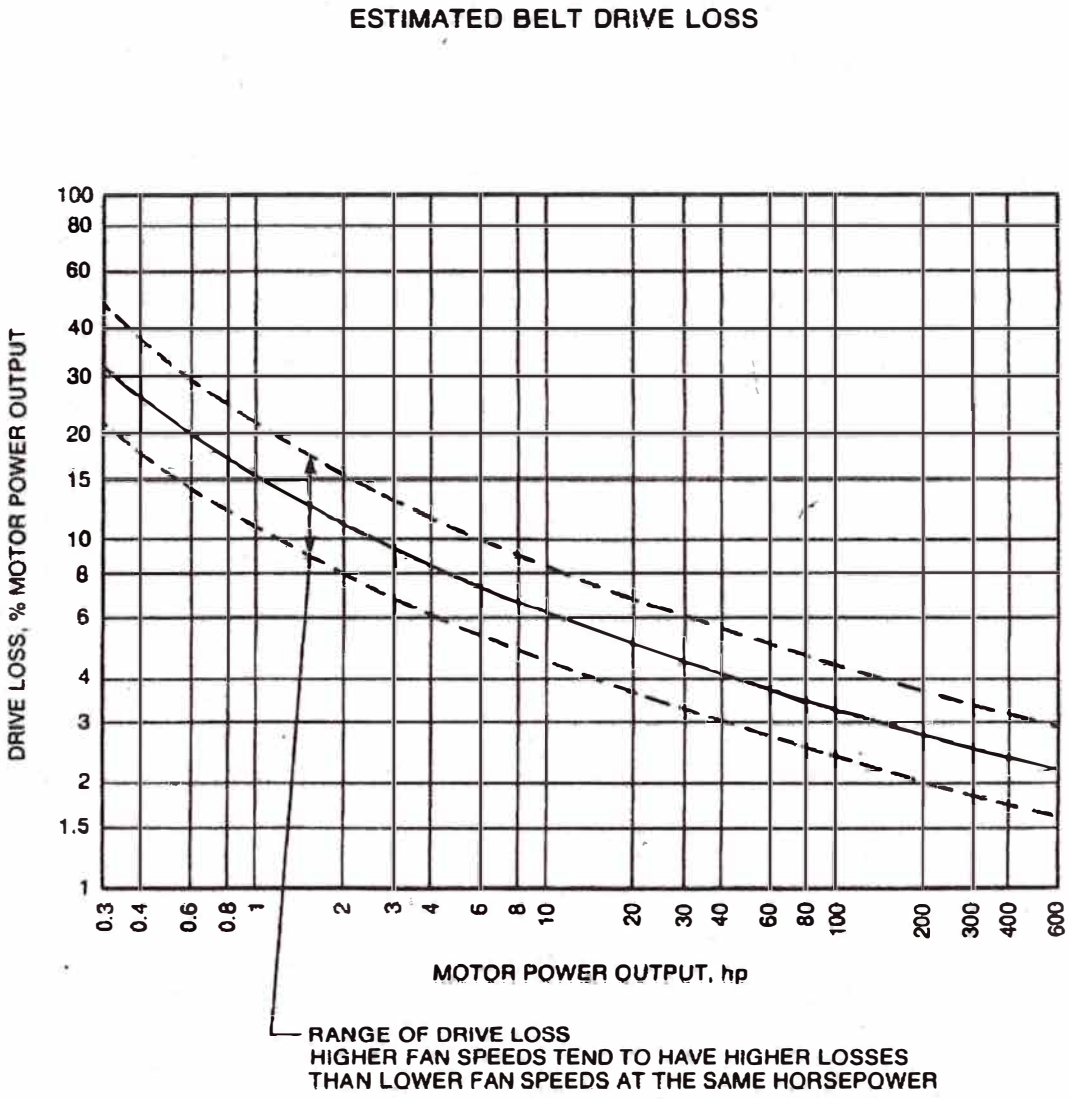


Gráfico A-6 Pérdida de potencia en la transmisión por fajas



EXAMPLE
- Motor power output, Hmo, is determined to be 13.3 hp
- From curve, drive loss = 5. 8%
- Drive loss, H_L = 0.058 × 13.3 = 0.8 hp
- Fan power input, H = 13.3 − 0.8 = 12.5 hp

Figura A-7 Cálculo de la potencia de los ventiladores en función de la corriente de trabajo y de vacio del motor según norma del AMCA

APPENDIX K

PHASE CURRENT METHOD FOR ESTIMATING THE POWER OUTPUT OF THREE PHASE FAN MOTORS

The power output of three phase motors can be estimated based on the relationship of motor current and motor power output. The nature of this relationship is illustrated for a number of motors, covering a wide range of horsepower ratings in the graph in Figure 18. As indicated in the graph, the phase current is not proportional to the motor power output over the motor operating range. However, the error in assuming proportionality for motor operation at or near the full load point is small. For example, for motors of five horsepower and greater, operating at 90% or more of full load amps (FLA), the error in assuming that the measured amps are proportional to motor power output will be less than 5%, and equation A applies.

Eqn A:

$$H_{mo} = \text{nameplate horsepower} \left(\frac{\text{measured amps}}{\text{FLA}}\right)\left(\frac{\text{measured volts}}{\text{nameplate volts}}\right)$$

Where H_{mo} is the motor power output, FLA is the motor nameplate value of full load amps, and measured amps and measured volts are the averages of the measured phase values.

Generally, for motors operating at less than 90% of full load amps, the motor power output can be estimated by using the average of the results of equation A and equation B.

Eqn B:

$$H_{mo} = \text{nameplate horsepower} \left(\frac{\text{measured amps} - \text{NLA}}{\text{FLA} - \text{NLA}}\right)\left(\frac{\text{measured volts}}{\text{nameplate volts}}\right)$$

Where NLA is the average of the measured phase values of no load amps, and the other terms are as indicated for equation A. NLA can usually be obtained with the motor operating with the motor shaft coupling or belt drive disconnected. In the case where the fan impeller is mounted directly on the motor shaft, it will be necessary to remove the impeller in order to obtain NLA measurements.

Whether this method will provide a sufficiently accurate estimate and whether equation A or the average of equations A and B will provide a more accurate estimate will depend on the motor horsepower rating and its operating load point. The graph in Figure 18 is intended to provide guidance in these considerations of accuracy. The accuracy of this method is generally considered insufficient for small integral horsepower motors at low operating loads and for fractional horsepower motors, since the phase current does not change significantly from no load to full load.

As noted earlier, the graph in Figure 18 illustrates the nature of the relationship of motor current and motor power output. As indicated in the graph, the amps-load characteristics vary depending on the motor horsepower rating. Although it is not indicated in the graph, the amps-load characteristics for motors of the same horsepower rating will be different depending on the manufacturer. In addition, various motor design requirements result in different amp-load characteristics even though the horsepower ratings of the motors are the same. For these reasons, the graph is not intended to be used to determine motor power output directly. The graph is intended to be used to indicate the accuracy and suitability of this method for estimating motor power output.

Figura A-8 Catálogo del ventilador

PEERLESS

SIZE

M-15

INDUSTRIAL FANS

MATERIAL HANDLING WHEEL

Wheel Diameter—26⅛"

Tip Speed (FPM) = 6.84 × RPM

OUTLET { **1.24 Sq. Ft. Inside**
15" × 12⅛" Outside

INLET { **1.23 Sq. Ft. Inside**
15¼" Dia. Outside

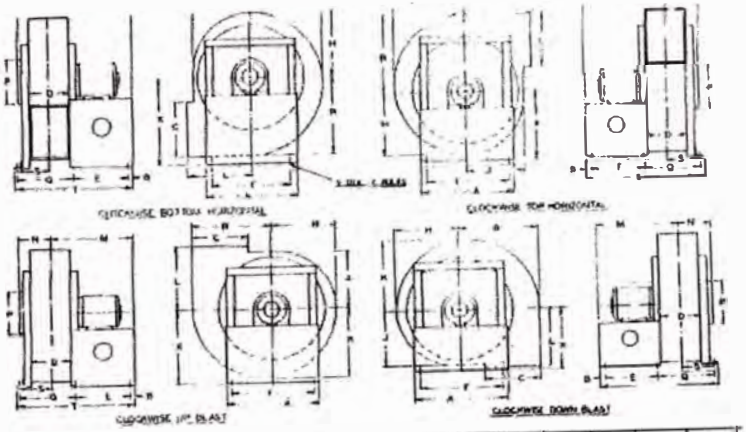
VOLUME	Outlet Vel.	1/2" SP		1" SP		1½" SP		2" SP		2½" SP		3" SP		3½" SP		4" SP		5" SP		6" SP	
CFM	FPM	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
1240	1000	400	0.16	528	0.31	629	0.47	715	0.64	797	0.84	871	1.06	940	1.28	1005	1.52	1123	2.02	1230	2.57
1488	1200	436	0.21	546	0.38	645	0.55	730	0.75	804	0.95	876	1.16	943	1.40	1007	1.66	1124	2.18	1231	2.77
1736	1400	444	0.26	564	0.45	662	0.65	746	0.86	820	1.08	888	1.32	951	1.55	1011	1.80	1127	2.37	1232	2.97
1984	1600	470	0.33	584	0.53	680	0.76	764	1.00	837	1.23	904	1.48	966	1.74	1024	2.01	1132	2.55	1235	3.17
2232	1800	497	0.42	606	0.64	698	0.87	781	1.14	855	1.40	921	1.66	983	1.94	1039	2.21	1146	2.82	1243	3.43
2480	2000	527	0.52	630	0.76	719	1.01	799	1.29	872	1.58	938	1.87	1000	2.17	1057	2.46	1161	3.07	1258	3.76
2728	2200	558	0.64	656	0.90	742	1.17	819	1.46	891	1.77	956	2.08	1017	2.40	1074	2.73	1178	3.39	1272	4.1[illegible]
2976	2400	588	0.78	683	1.06	766	1.35	841	1.65	910	1.97	975	2.31	1035	2.66	1092	3.01	1196	3.71	1290	4.44
3224	2600	632	0.94	711	1.23	791	1.54	863	1.86	930	2.19	993	2.55	1053	2.92	1109	3.29	1213	4.05	1307	4.82
3472	2800	653	1.12	741	1.45	817	1.77	888	2.11	953	2.46	1014	2.81	1072	3.20	1128	3.60	1231	4.42	1325	5.22
3720	3000	688	1.33	770	1.67	846	2.02	913	2.37	977	2.74	1037	3.13	1093	3.51	1147	3.92	1249	4.77	1343	5.66
3968	3200	—	—	803	1.93	873	2.29	940	2.67	1001	3.05	1059	3.44	1115	3.86	1168	4.28	1267	5.16	1360	6.[illegible]
4216	3400	—	—	833	2.20	904	2.61	967	3.00	1028	3.40	1084	3.83	1137	4.23	1190	4.67	1287	5.58	1379	6.55
4464	3600	—	—	846	2.53	932	2.92	995	3.35	1053	3.77	1108	4.19	1162	4.66	1212	5.10	1308	6.03	1396	6.99
4712	3800	—	—	899	2.88	964	3.32	1024	3.75	1081	4.20	1136	4.64	1186	5.08	1236	5.57	1330	6.53	1418	7.54
4960	4000	—	—	930	3.23	995	3.72	1054	4.18	1109	4.63	1161	5.08	1213	5.58	1261	6.06	1353	7.07	1438	8.06
5208	4200	—	—			1025	4.13	1082	4.61	1137	5.11	1190	5.61	1239	6.10	1286	6.58	1376	7.63	1461	8.71
5456	4400	—	—			1060	4.43	1115	5.14	1169	5.65	1217	6.14	1266	6.65	1313	7.19	1401	8.25	1484	9.35
5704	4600	—	—		—	1092	5.14	1147	5.67	1197	6.18	1246	6.71	1294	7.27	1338	7.77	1424	8.84	1507	10.03
5952	4800	—	—		—	1124	5.67	1176	6.21	1228	6.79	1277	7.36	1321	7.88	1367	8.47	1452	9.60	1532	10.77
6200	5000	—	—		—	1156	6.26	1210	6.85	1260	7.45	1305	8.00	1351	8.58	1395	9.17	1478	10.34	1556	11.48
6448	5200	—	—	—	—	—	—	1243	7.53	1291	8.11	1335	8.69	1381	9.33	1421	9.86	1504	11.09	1583	12.35
6696	5400	—	—	—	—	—	—	1275	8.23	1320	8.78	1368	9.48	1410	10.08	1452	10.72	1533	11.98	1609	13.25
6944	5600	—	—	—	—	—	—	1306	8.94	1354	9.61	1399	10.28	1439	10.88	1482	11.58	1561	12.86	1634	14.13
7192	5800	—	—	—	—	—	—	1340	9.75	1388	10.47	1429	11.08	1472	11.80	1511	12.44	1587	13.72	1663	15.14

VOLUME	Outlet Vel.	7" SP		8" SP		9" SP		10" SP		11" SP		12" SP		13" SP		14" SP		16" SP		18" SP	
CFM	FPM	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
2232	1800	1336	4.10	1425	4.83	1511	5.61	1591	6.39	1667	7.16	1743	8.03	1811	8.91						
2480	2000	1346	4.42	1431	5.12	1514	5.90	1594	6.73	1670	7.60	1743	8.46	1813	9.32	1880	10.22	2010	12.18	2131	14.[illegible]
2728	2200	1362	4.81	1443	5.53	1522	6.29	1599	7.09	1673	7.95	1746	8.86	1816	9.81	1883	10.77	2011	12.66	2132	14.73
2976	2400	1374	5.16	1459	5.97	1536	6.78	1609	7.57	1681	8.41	1751	9.20	1819	10.24	1886	11.22	2014	13.29	2134	15.37
3224	2600	1394	5.61	1475	6.40	1552	7.24	1626	8.13	1694	8.99	1761	9.87	1827	10.77	1892	11.74	2017	13.78	2137	16.02
3472	2800	1411	6.05	1492	6.90	1568	7.77	1639	8.61	1710	9.58	1776	10.53	1839	11.44	1902	12.41	2023	14.40	2140	16.60
3720	3000	1429	6.54	1509	7.41	1583	8.31	1657	9.25	1725	10.14	1791	11.14	1856	12.17	1917	13.17	2033	15.18	2145	17.[illegible]
3968	3200	1447	7.03	1527	7.97	1602	8.91	1673	9.83	1743	10.85	1808	11.83	1870	12.79	1932	13.90	2048	16.06	2157	18.[illegible]
4216	3400	1464	7.52	1545	8.52	1620	9.52	1692	10.53	1758	11.47	1825	12.57	1888	13.43	1947	14.63	2064	16.90	2173	19.19
4464	3600	1482	8.05	1562	9.10	1638	10.15	1709	11.21	1777	12.28	1841	13.29	1904	14.40	1965	15.54	2078	17.69	2189	20.14
4712	3800	1501	8.59	1580	9.68	1656	10.80	1727	11.91	1794	13.01	1860	14.16	1922	15.24	1981	16.34	2097	18.75	2202	20.99
4960	4000	1520	9.17	1599	10.31	1673	11.44	1745	12.63	1812	13.80	1877	14.94	1940	16.16	1999	17.33	2113	19.69	2221	22.20
5208	4200	1541	9.80	1617	10.92	1692	12.16	1762	13.33	1830	14.59	1895	15.82	1956	17.00	2017	18.29	2130	20.72	2238	23.28
5456	4400	1562	10.44	1639	11.66	1709	12.82	1781	14.13	1847	15.35	1913	16.68	1975	17.98	2034	19.20	2149	21.86	2254	24.34
5704	4600	1586	11.21	1658	12.35	1731	13.64	1799	14.88	1867	16.24	1930	17.51	1993	18.90	2058	20.27	2166	22.91	2273	25.67
5952	4800	1608	11.95	1681	13.18	1751	14.44	1819	15.75	1884	17.07	1949	18.48	2010	19.81	2070	21.24	2184	24.06	2291	26.89
6200	5000	1632	12.77	1705	14.05	1772	15.27	1840	16.65	1904	17.99	1967	19.39	2029	20.86	2087	22.25	2202	25.23	2307	28.07
6448	5200	1657	13.63	1726	14.87	1796	16.27	1860	17.50	1926	19.00	1987	20.38	2047	21.84	2107	23.38	2218	26.32	2326	29.44
6696	5400	1680	14.46	1752	15.88	1818	17.22	1884	18.61	1945	19.94	2008	21.48	2066	22.90	2125	24.43	2237	27.55	2344	30.71
6944	5600	1707	15.48	1776	16.85	1842	18.23	1907	19.69	1968	21.08	2028	22.52	2088	24.10	2144	25.57	2256	28.81	2360	31.92
7192	5800	1734	16.53	1799	17.80	1867	19.35	1928	20.72	1992	22.28	2050	23.69	2108	25.23	2166	26.86	2274	30.00	2380	33.40
7440	6000	1759	17.56	1827	18.99	1891	20.44	1954	21.96	2014	23.14	2074	25.07	2129	26.44	2186	28.09	2292	31.34	2398	34.79
7688	6200	1786	18.67	1854	20.19	1915	21.53	1979	23.19	2037	24.69	2096	26.29	2153	27.89	2206	29.34	2315	32.81	2415	36.11
7936	6400	1815	19.92	1879	21.37	1943	22.90	2002	24.38	2062	26.06	2118	27.55	2176	29.28	2230	30.91	2335	34.22	2436	37.70
8184	6600	1843	21.14	1906	22.61	1969	24.25	2027	25.71	2087	27.40	2144	29.07	2197	30.62	2253	32.40	2355	35.59	2458	39.35

Data in bold face type indicates most efficient performance. Data in blue background applies to heavy duty shaft and bearings.
Performance shown is for Industrial Fans with inlet and outlet ducts. "B.H.P. does not include drive losses."

PEERLESS ELECTRIC

ARRANGEMENT 4



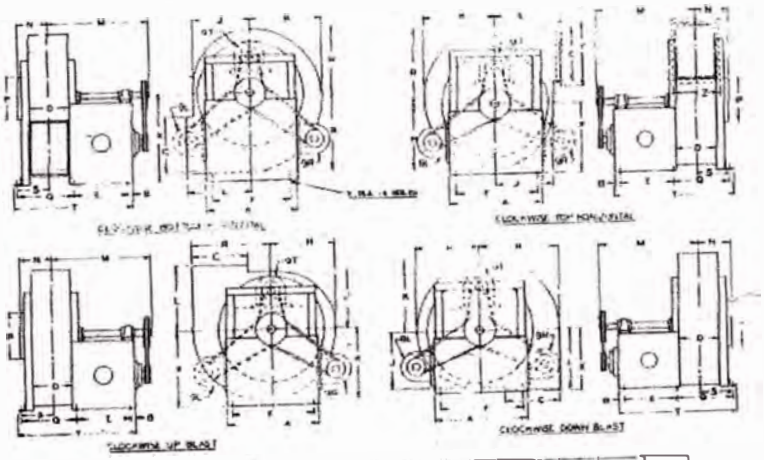
DIMENSIONS – STANDARD DUTY CONSTRUCTION

SIZE	WHEEL DIA	MOTOR FRAME SIZE MAXIMUM	MOTOR FRAME SIZE MINIMUM	A	B	C	D	E	F	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	V	X
09	[illegible]	184T	48	16 1/2	[illegible] 5/16	9	7 1/2	12 3/4	14 3/4	10 1/16	9 11/16	17 3/16	11 11/16	16 1/8	6 7/8	9 1/4	11 5/8	12 5/16	2 1/16	26 1/4	9/16	15 3/4
11	[illegible]	215T	48	18 1/2	[illegible] 5/16	11	9 5/8	16 1/4	16 1/2	13 1/4	11 3/4	18 7/8	13 3/4	22 15/16	7/8	11 1/4	13 1/4	14 5/16	2 7/8	31 5/8	9/16	18
13	[illegible]	256T	56	18 1/4	[illegible] 5/8	13	10 1/2	16 1/4	18 1/4	15 5/8	13 5/8	19 5/8	15 7/8	25 5/8	8 3/8	12 1/4	14 5/8	15 1/2	2 5/16	35 1/4	9/16	—
15	[illegible]	256T	56	25 1/2	[illegible] 1/8	15	12 7/8	20 1/4	23 1/4	18 1/4	16 1/16	20 5/16	19 1/16	29 7/8	9 7/16	15 1/4	16 1/4	22 7/8	2 5/8	38 3/4	11/16	—
17	[illegible]	284T	56	27	[illegible] 1/8	17	13 3/4	23 1/4	26 3/4	20 5/8	18 1/10	22 1/16	21 7/8	[illegible] 1/12	11 3/16	17 3/4	17 3/8	26 1/2	3 3/16	42 5/8	11/16	20
19	[illegible]	286T	143T	29	[illegible] 1/8	19	15 3/8	23 3/4	26 3/4	23 5/8	20 5/16	25 11/16	23 5/8	[illegible] 1/6	11 13/16	19 1/4	20 7/8	28 1/2	3 1/2	45 1/2	13/16	21
21	[illegible]	286T	143T	31 1/2	[illegible] 1/8	21	17	23 3/4	29 1/4	29 3/8	22 1/2	28 7/16	25 9/16	29 13/16	12 5/8	23 1/4	22 1/8	31 1/2	3 5/16	47 1/8	13/16	24

DIMENSIONS SUBJECT TO CHANGE

CERTIFIED PRINTS FURNISHED ON REQUEST

ARRANGEMENT 9



DIMENSIONS – STANDARD DUTY CONSTRUCTION

SIZE	WHEEL DIA	SHAFT DIA.	KEYWAY	A	B	C	D	E	F	H	J	P	L	M	N	T	Q	R	S	T	V	X	Y	Z
09	[illegible]	1 3/16	1/4 × 1/8 × 3/2	22 1/2	1 1/8	9	7 1/2	12 3/4	14 1/2	13 1/16	9 11/16	13 3/16	11 11/16	28 1/2	8 3/8	9 1/4	16 3/4	22 1/2	4 15/16	29 5/8	9/16	16 7/8	—	—
11	[illegible]	1 7/16	3/8 × 3/16 × 5	22	1 5/16	11	9 1/16	17	18 3/4	13 1/4	11 3/4	16 7/8	13 3/4	30	8 5/8	13 1/4	18 1/8	16 1/2	5 11/16	31 7/16	9/16	22 1/2	—	—
13	[illegible]	1 11/16	3/8 × 3/16 × 6	22	1 5/16	13	10 1/2	19	18 3/4	15 5/8	13 5/8	17 5/8	15 7/8	31	8 3/4	13 1/4	18 1/8	18 1/2	5 7/16	32 11/16	9/16	22 11/16	—	—
15	[illegible]	1 11/16	3/8 × 3/16 × 6	26 1/2	1 1/8	15	13 1/8	22 1/2	22 1/4	18 5/8	16 1/16	20 5/16	19 1/16	28 3/16	9 3/16	15 1/4	19 1/8	22 1/2	8 3/4	40 5/8	11/16	25	—	—
17	[illegible]	1 15/16	1/2 × 1/4 × 8	27	1 1/8	17	13 3/4	22 1/2	24 3/4	20 5/8	18 5/16	23 1/16	21 3/8	31	11 1/16	17 1/2	17 7/8	26 1/2	10 3/16	43 5/8	11/16	29	—	—
19	[illegible]	2 3/16	1/2 × 1/4 × 8	29	1 3/8	19	15 3/8	24 1/2	28 3/4	22 7/8	20 5/16	25 11/16	23 5/8	41 3/8	11 13/16	19 1/4	20 1/2	28 1/2	11 1/2	47	13/16	31	—	—
21	[illegible]	2 7/16	5/8 × 5/16 × 8	31 1/2	1 1/8	21	17	24 1/2	28 3/4	25 1/8	22 1/2	28 7/16	25 9/16	42 3/16	13 5/16	21 1/4	22 7/8	31 1/2	12 1/16	48 7/8	13/16	34	—	—
23	[illegible]	2 11/16	5/8 × 5/16 × 7	34	1 1/8	23	18 5/8	28 1/2	33 3/4	28 3/8	24 5/8	31 1/8	28 1/16	48	13 15/16	23 1/4	24	34 1/2	13 3/8	54 3/4	13/16	37	28	23 5/8
26	[illegible]	2 11/16	5/8 × 5/16 × 7	42 3/4	1 1/8	26	20 3/8	28 1/2	40 1/4	31 3/8	27 7/8	35 3/16	31 9/16	49 1/8	15 1/8	26 1/4	26 1/4	39	14 1/2	57	13/16	43 1/2	33	28 7/8
29	[illegible]	2 15/16	3/4 × 3/8 × 7	49 3/4	1 1/2	29	23 1/4	31 3/4	44 3/4	35	31	39 1/4	35 1/8	54 1/8	16 5/8	29 1/8	33 1/4	43 1/2	16 15/16	64 3/8	13/16	46 1/2	35	29 1/8

(1) Discharge Flange Standard Sizes 23, 26 & 29.

Tabla A-9 Propiedades termodinámicas del agua saturada

Agua saturada. Tabla de temperaturas

		Volumen específico, m³/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Líq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34646	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

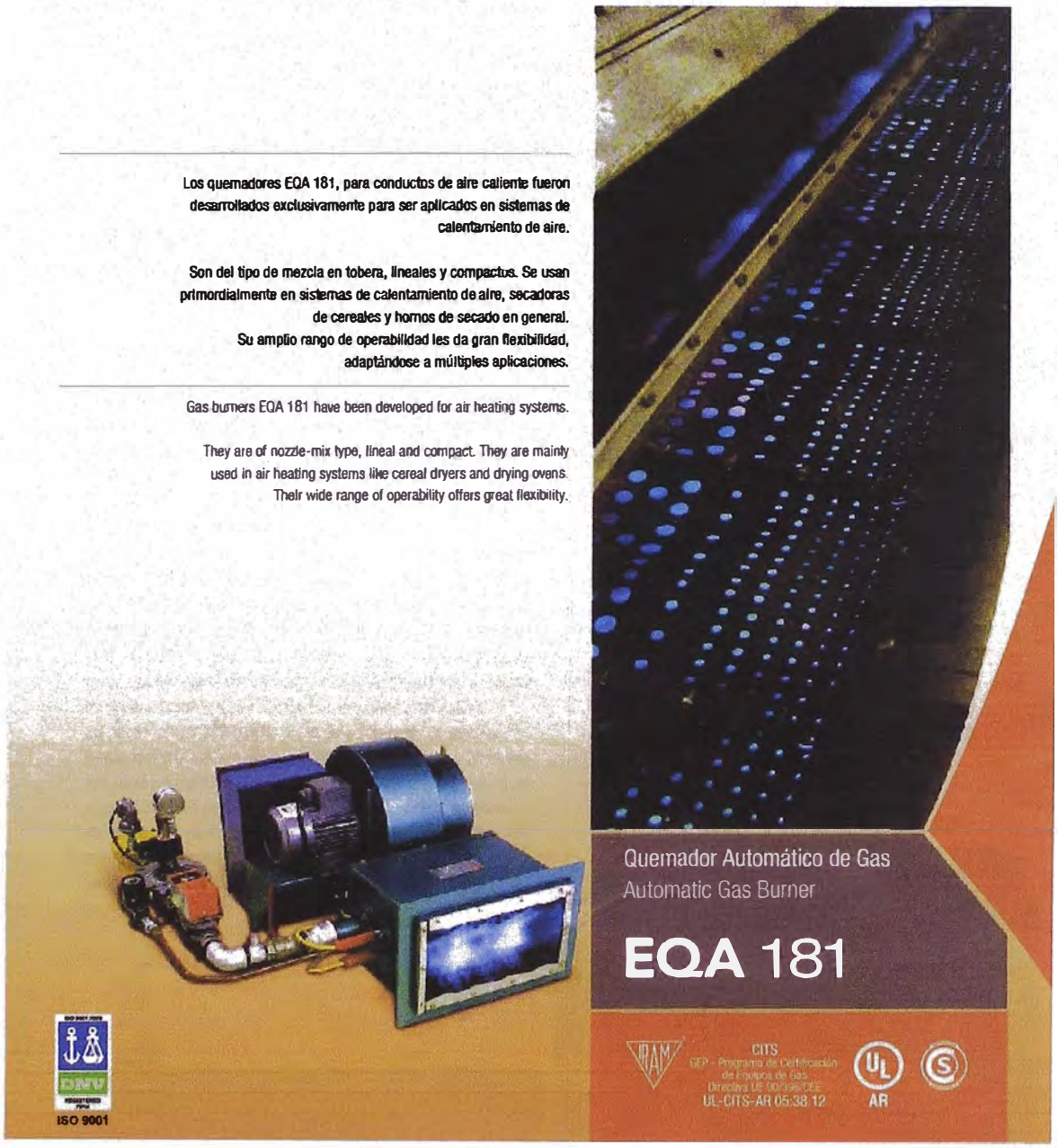
Propiedades termodinámicas del agua saturada.....continuación

Agua saturada. Tabla de temperaturas (*conclusión*)

		Volumen específico, m³/kg		*Energía interna, kJ/kg*			*Entalpía, kJ/kg*			*Entropía, kJ/kg · K*		
Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Líq. sat, v_f	Vapor sat., v_g	Líq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094	940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405	963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505	986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748	1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622	1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767	1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153	1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756	1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554	1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659	1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059
305	9209.4	0.001425	0.019932	1360.0	1195.9	2555.8	1373.1	1366.3	2739.4	3.3024	2.3633	5.6657
310	9865.0	0.001447	0.018333	1387.7	1159.3	2547.1	1402.0	1325.9	2727.9	3.3506	2.2737	5.6243
315	10.556	0.001472	0.016849	1416.1	1121.1	2537.2	1431.6	1283.4	2715.0	3.3994	2.1821	5.5816
320	11.284	0.001499	0.015470	1445.1	1080.9	2526.0	1462.0	1238.5	2700.6	3.4491	2.0881	5.5372
325	12,051	0.001528	0.014183	1475.0	1038.5	2513.4	1493.4	1191.0	2684.3	3.4998	1.9911	5.4908
330	12,858	0.001560	0.012979	1505.7	993.5	2499.2	1525.8	1140.3	2666.0	3.5516	1.8906	5.4422
335	13,707	0.001597	0.011848	1537.5	945.5	2483.0	1559.4	1086.0	2645.4	3.6050	1.7857	5.3907
340	14.601	0.001638	0.010783	1570.7	893.8	2464.5	1594.6	1027.4	2622.0	3.6602	1.6756	5.3358
345	15.541	0.001685	0.009772	1605.5	837.7	2443.2	1631.7	963.4	2595.1	3.7179	1.5585	5.2765
350	16,529	0.001741	0.008806	1642.4	775.9	2418.3	1671.2	892.7	2563.9	3.7788	1.4326	5.2114
355	17,570	0.001808	0.007872	1682.2	706.4	2388.6	1714.0	812.9	2526.9	3.8442	1.2942	5.1384
360	18,666	0.001895	0.006950	1726.2	625.7	2351.9	1761.5	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19,822	0.002015	0.006009	1777.2	526.4	2303.6	1817.2	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21.044	0.002217	0.004953	1844.5	385.6	2230.1	1891.2	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8009
373.95	22,054	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: Las tablas A-4 a A-8 fueron generadas utilizando el programa para resolver ecuaciones de ingeniería (EES) desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. La rutina utilizada en los cálculos es la altamente precisa Steam_IAPWS, que incorpora la Formulación 1995 para las Propiedades Termodinámicas de la Sustancia Agua Ordinaria para Uso Científico y General, editada por The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS). Esta formulación reemplaza a la formulación de 1984 de Haar, Gallagher y Kell (NBS/NRC Steam Tables, Hemisphere Publishing Co., 1984), la cual está también disponible en EES como la rutina STEAM. La nueva formulación se basa en las correlaciones de Saul y Wagner (J. Phys. Chem. Ref. Data, 16, 893, 1987) con modificaciones para ajustarla a la Escala Internacional de Temperaturas de 1990. Las modificaciones están descritas por Wagner y Pruss (J. Phys. Chem. Ref. Data, 22, 783, 1993). Las propiedades del hielo están basadas en Hyland y Wexler, "Formulations for the Thermodynamic Properties of the Saturated Phases of H_2O from 173.15 K a 473.15 K", *ASHRAE Trans.*, Part 2A, Paper 2793, 1983.

Figura A-10 Catalogo del quemador



Los quemadores EQA 181, para conductos de aire caliente fueron desarrollados exclusivamente para ser aplicados en sistemas de calentamiento de aire.

Son del tipo de mezcla en tobera, lineales y compactos. Se usan primordialmente en sistemas de calentamiento de aire, secadoras de cereales y hornos de secado en general.
Su amplio rango de operabilidad les da gran flexibilidad, adaptándose a múltiples aplicaciones.

Gas burners EQA 181 have been developed for air heating systems.

They are of nozzle-mix type, lineal and compact. They are mainly used in air heating systems like cereal dryers and drying ovens. Their wide range of operability offers great flexibility.

Quemador Automático de Gas
Automatic Gas Burner

EQA 181

CITS
UL-CITS-AR 05.38.12
AR

ISO 9001

Quemador Automático de Gas
Automatic Gas Burner

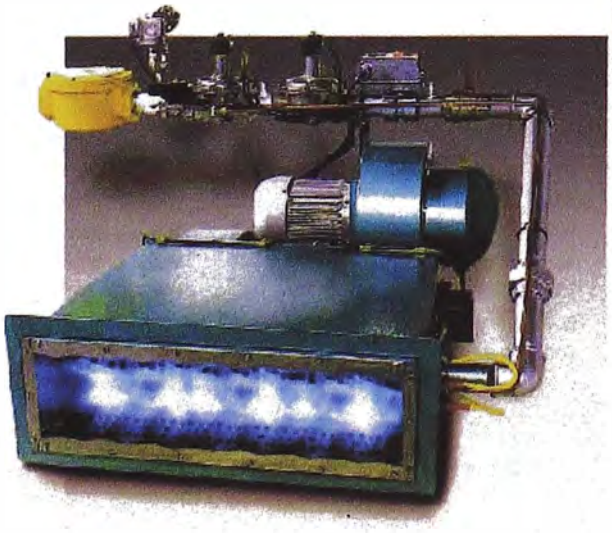
EQA 181

DESCRIPCION GENERAL

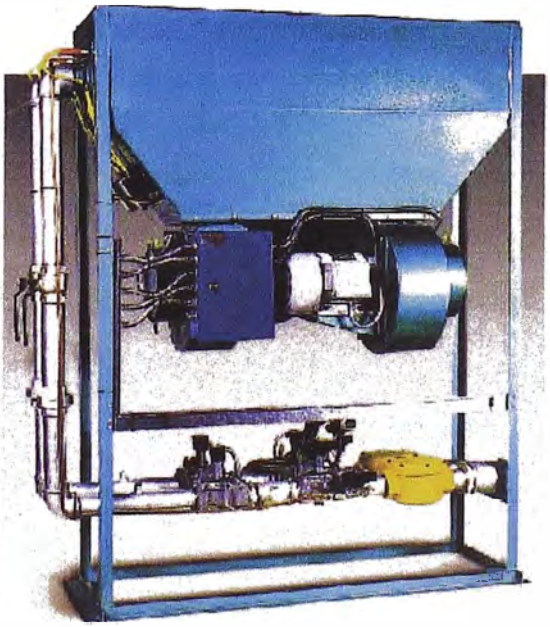
El quemador EQA 181 se puede montar dentro o fuera de un conducto de aire en forma horizontal o vertical (ascendente o descendente) según sean las necesidades, los distintos tipos de montaje se muestran en las ilustraciones al dorso.
Todo el aire que se requiere para la combustión es provisto por uno o dos ventiladores centrífugos.
Su excelente diseño permite obtener una mezcla aire-gas homogénea, lo que hace que la combustión sea completa y no se encuentren en los productos de combustión partículas de monóxido de carbono. Cuando la velocidad del aire lo permite es posible utilizar el quemador 181P (sin ventilador incorporado), es decir, aprovechar la corriente de aire existente, siempre y cuando no posea impurezas, alta humedad o excesiva temperatura.
Se puede utilizar una amplia gama de velocidades de aire para un funcionamiento óptimo del quemador: desde 5m/seg. a 20 m/seg (mayores consultar). Con la velocidad mínima de 5 m/seg, a un régimen máximo de capacidad del quemador, el largo de llama es de 70 cm. La presión del gas de alimentación debe ser de 180 mm.CA. o 1600 mmCA para gas natural y de 100 mm.CA. o 800 mmCA para gas licuado.

GENERAL DESCRIPTION

The "EQA 181" burner can be assembled inside or outside an air duct in horizontal or vertical position (see the other page). All the air required for the combustion is provided by one or two centrifugal fans. Its excellent design offers an homogeneous air gas mixture, which makes a complete combustion without carbon monoxide emissions. When the air velocity allows it, it is possible to use the 181P burner (without fan), profiting from the existing air stream. This is only possible in the case of lack of impurities, high humidity or high temperature in the system.
For an optimum setting of the burner, a wide range of air velocity can be used: from 1,000 FPM to 4,000 FPM (consult for higher). With the minimum velocity of 1,000 FPM and at the maximum range of the burner's capacity, the flame will be of about 30 In (76 cm).

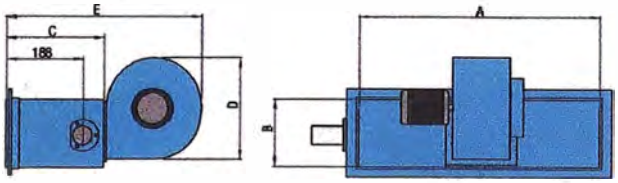


• **Modelo 181-R**
Type 181-R



Modelo 181-A •
Type 181-A

EQA 181 standard | EQA 181 standard



EQA 181 configuración especial | EQA 181 special configuration

Posición Vertical | Vertical Position •

• **Posición Horizontal** | Horizontal Position

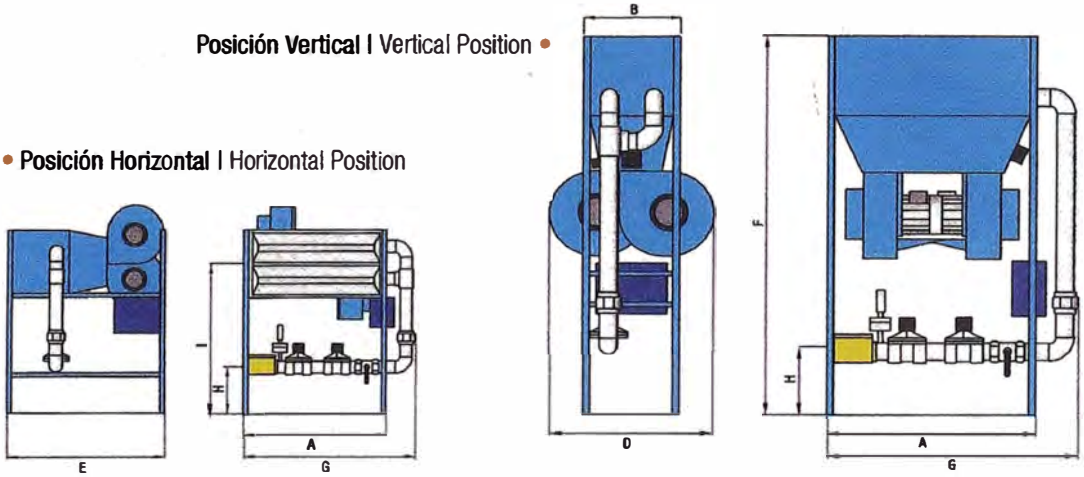


TABLA DE MEDIDAS (en mm) Y CAPACIDADES | DIMENSIONS (in mm) AND CAPACITIES

	Modelo Type	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Cantidad de motores Qty of fans	Potencia motor Fan power
181-A	100*	195	200	280	240	400	-	-	-	-	1	0.1 HP (mono)
	300	343	200	280	330	610	1000	440	-	-	1	0.5 / 1 HP
	400	491	200	280	330	610	1000	560	-	-	1	1 HP
	600	639	200	600	330	930	1500	770	310	1000	1	1.5 HP
	800	935	200	600	330	930	1500	1095	310	1000	1	2 HP
	1000	1231	200	600	330	930	1700	1395	310	1000	1	4 HP
	1250	1527	200	600	330	1020	1700	1695	310	1000	1	5.5 HP
	1500	935	390	600	670	1020	1700	1095	310	1000	2	3 HP
	2000	1231	390	600	670	1020	1700	1395	310	1000	2	4 HP
	2500	1527	390	600	670	1020	1700	1700	310	1000	2	4 HP
	3000	1823	390	600	670	1020	1700	2000	310	1000	2	5.5 HP
181-B	400	343	200	280	330	610	1000	440	-	-	1	1 HP
	600	491	200	280	330	610	1000	560	-	-	1	1.5 HP
	800	639	200	600	330	930	1500	770	310	1000	1	2 HP
	1000	639	200	600	330	930	1500	770	310	1000	1	3 HP
	1500	935	200	600	330	930	1500	1095	310	1000	1	5.5 HP
	2000	1231	200	600	560	930	1700	1395	310	1000	2	4 HP
	2500	1527	200	600	560	1020	1700	1695	310	1000	2	4 HP
	3000	935	390	600	670	1020	1700	1095	310	1000	2	5.5 HP

Capacidades en Kcal/hora x 1000. Las medidas de I, H y F pueden modificarse a pedido.
(*) Para GLP solo hasta 75.000 Kcal/hora.
Capacities in Kcal/hour x 1000. Dimensions I, H and F can be modified under request.

Figura A-11 Esquema de la Cámara de Combustión

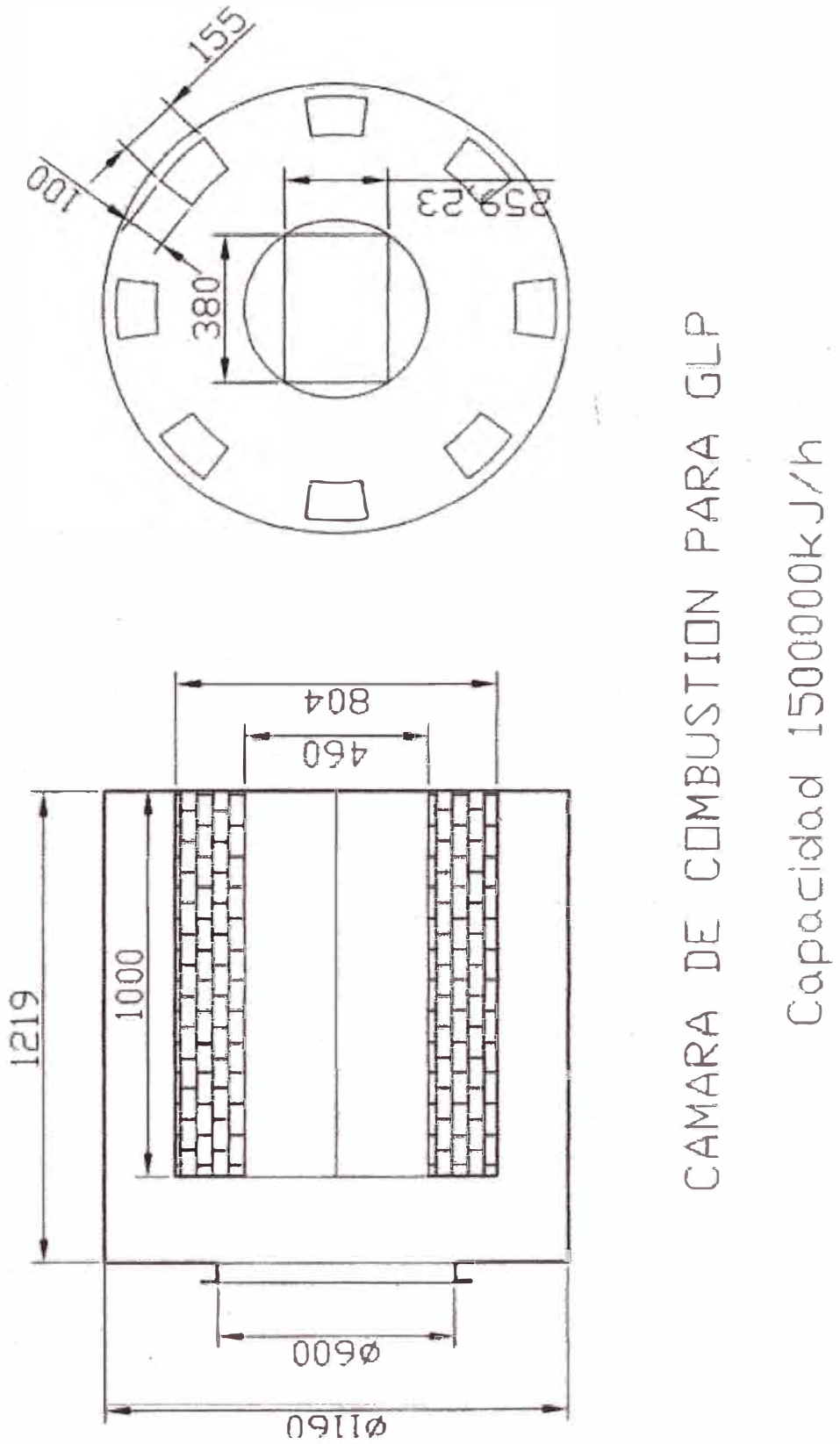


Figura A-12 Esquema del Ciclón

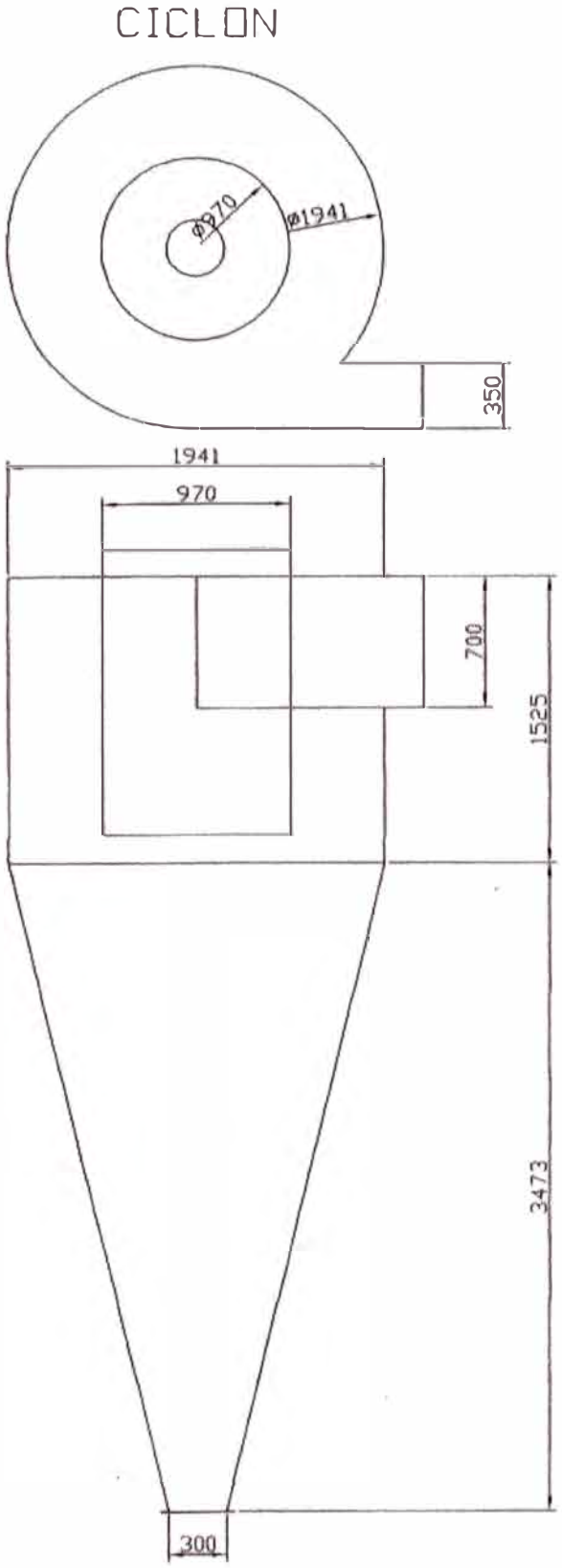


Figura A-13 Filtro Jet Pulse. Principio de funcionamiento

En el esquema se halla representado el filtro Mikro-Pulsaire donde se pueden apreciar sus principales partes constitutivas como también su principio de funcionamiento.
El filtro Mikro-Pulsaire es básicamente un filtro de mangas que se adapta para el filtrado de aire u otro gas conteniendo partículas, en suspensión de cualquier material.
El gas entra en el gabinete del filtro construído sólidamente en chapa de hierro, y al perder velocidad se produce la primera deposición de producto. El gas acomete a través de las mangas, que cuelgan de un plenum superior, dejando en su pasaje depositado en la parte exterior de las mismas el polvo que llevaba en suspensión.
Las mangas tienen en su interior un armazón de alambre denominado "retainer" que les permite mantener su formato cilíndrico.
El gas limpio pasa a la parte interior de las mangas, luego a una cámara superior desde donde sale al exterior del filtro, totalmente libre de partículas sólidas.
El polvo depositado en las mangas es sacudido enérgicamente mediante pulsos de aire comprimido de 1/10 de segundo de duración que se inyectan en contracorriente del flujo de gas a intervalos regulables.

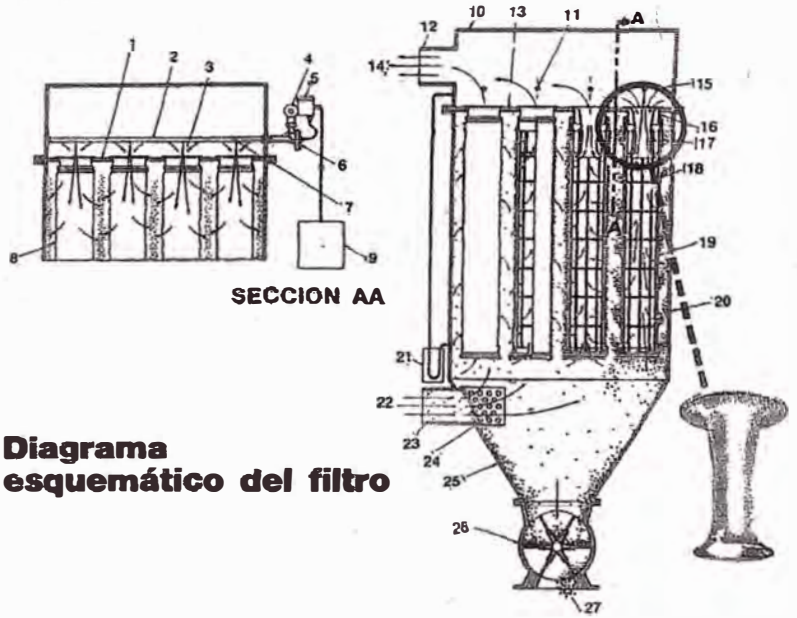


Diagrama esquemático del filtro

1 Placa soporte de mangas
2 Tubo soplador
3 Flujo inducido
4 Aire comprimido 100 p.s.i.
5 Válvula solenoide
6 Válvula a diafragma
7 Orificio
8 Mangas filtrantes
9 Timer electrónico
10 Cubierta superior
11 Tubo soplador
12 Conducto de salida
13 Placa soporte de mangas
14 Aire limpio al extractor
15 Flujo inducido
16 Collares
17 Venturi
18 Retainers
19 Mangas filtrantes
20 Gabinete del filtro
21 Manómetro diferencial
22 Polvo y aire
23 Conducto de entrada
24 Difusor
25 Tolva
26 Airlock
27 Descarga de material

Figura A-14 Costo específico de combustibles

REAL PROPIEDADES	CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES GLP	DIESELINO	NOTA: CONSIDERA EFICIENCIAS DE COMBUSTION RESIDUAL#6	CARBON (ANTRACITA)	DIESEL #2	GAS NATURAL
Densidad a 15 °C (Kg/litro)	0.53127	0.915	0.9725		0.8576	
Poder calorifico inferior(BTU/galón)	88109	137400	143600	30517 Btu/Kg	131200	35315 Btu/m3Std
Poder calorifico superior(BTU/galón)	95686	149216			139421	
Poder calorifico inferior(Kcal/galón)	22194	34610	36171		33049	
Poder calorifico inferior(KJ/galón)	92959	144952	151504			
Poder calorifico inferior(Kcal/Kg)	11037	9993	9827	7687 Kcal/Kg	10181	8895 Kcal/m3Std
Poder calorifico superior(Kcal/Kg)	11982					
Poder calorifico inferior(KJ/Kg)	46228	41857	41159			
Poder calorifico superior(KJ/Kg)	50166					
Costo, incl. Transporte Sin IGV	4.050 Nsoles/galón	5.900 Nsoles/galón	4.490 Nsoles/galón	0.449 Nsoles/Kg	8.620 Nsoles/galón	No incluye IGV
Costo específico (US$/MMBTU), Sin IGV	18.0	16.8	12.3	5.8	25.6	4.7

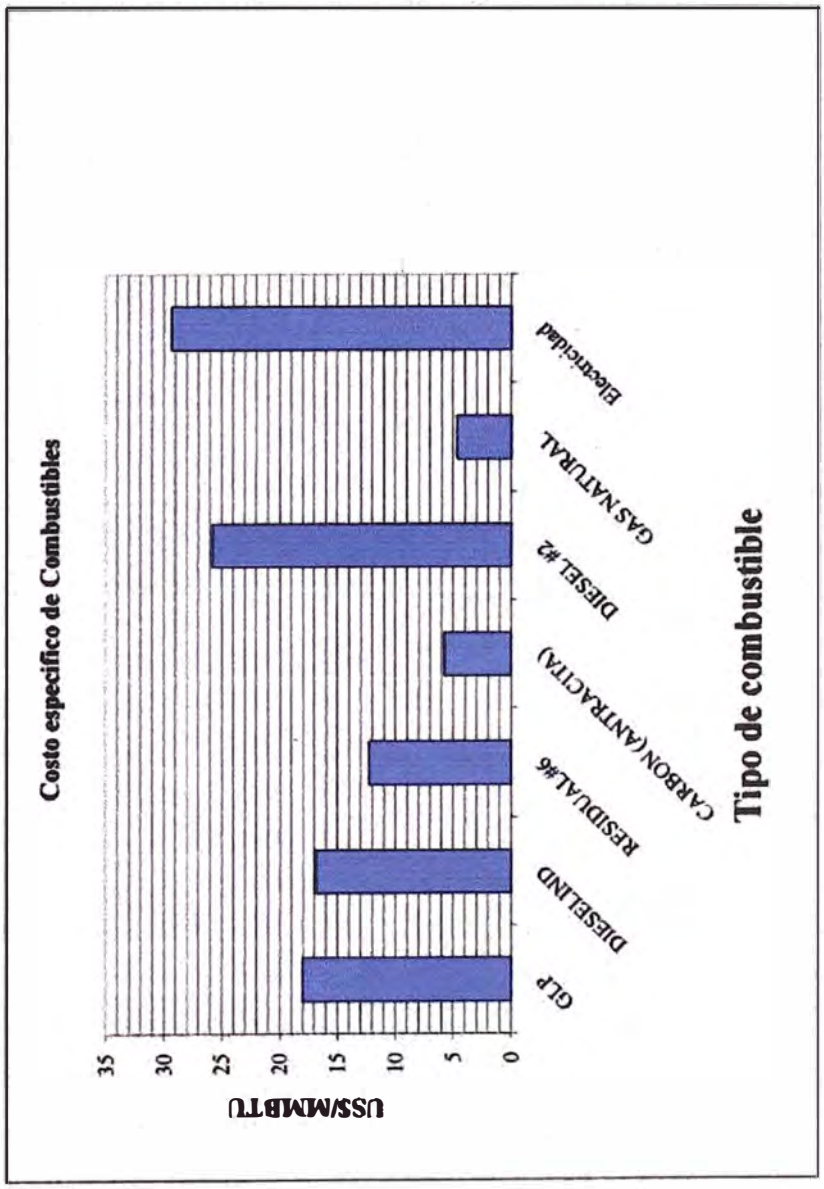


Figura A-15 Telas filtrantes, características técnicas

Media Selection

Reliably processing your product means reliably filtering the process air. The best way to ensure reliable filtering is to choose the right filter fabric and proper construction for your process and product. The wrong fabric can severely reduce effectiveness. The following chart provides some filter fabric basics that can help you match a filter fabric to your requirements.

Bag Filter Fabrics

	Polypro	Polyester	Acrylic	*Nomex®	*Ryton®	*P-84	*Teflon®
Continuous	170°F	275°F	260°F	400°F	375°F	500°F	500°F
Surge	190°F	300°F	230°F	425°F	425°F	500°F	500°F
Abrasion	Excellent	Excellent	Good	Excellent	Good	Fair	Good
Energy Absorp.	Good	Excellent	Good	Good	Good	Good	Good
Filtration Prop.	Good	Excellent	Good	Excellent	Excellent	Excellent	Fair
Moist Heat	Excellent	Poor	Excellent	Good	Good	Good	Excellent
Alkalines	Excellent	Fair	Fair	Good	Excellent	Fair	Excellent
Mineral Acids	Excellent	Fair	Good	Fair	Excellent	Good	Excellent

Note: Also available in woven, except for P-84 and Acrylic.

Fabric Finishes & Treatments

	Finish Purpose	Available For
Singe	Recommended for improved cake release	Polypropylene, Polyester, Acrylic, *Nomex®, *Ryton®, P-84 (felts)
Glaze	Provides short-term improvements for cake release (may impede airflow)	Polypropylene, Polyester (felts)
Silicone	Aids initial cake development and provides limited water repellancy	Polyester (felt and woven)
Flame Retardant	Retards combustibility (not flame-proof)	Polypropylene, Polyester (felt and woven)
Acrylic Coatings (Latex base)	Improves filtration, efficiency and cake release (may impede flow in certain applications)	Polyester and Acrylic felts
PTFE Surface Treatments and Laminates	For capture of fine particulate, improved filtration efficiency, cake release	Polypropylene (felt), Polyester, Acrylic, *Nomex®, (Laminates available in Polypropylene, Polyester and *Ryton® only)
PTFE Penetrating Finishes	Improved water and oil repellancy limited cake release	*Nomex® (felt)
Acid Resistant	Improved acid resistance and water retardance	*Nomex® (felt)

* Nomex, Teflon trademark of E.I. DuPont; Ryton registered trademark of Phillips Corp.; P-84 trademark of Lenzing AG; Teflon registered trademark of E.I. DuPont.

Let us help you with your media choice to extend your bag life.

Hendee Enterprises, Inc.
The Innovative Solutions Company

Call today 1-800-231-7275
(Texas, 1-800-323-3641)

P.O. Box 4289, Houston, Texas 77210-4289 • Phone (713)796-2322 • Fax (713)796-9865 • E-mail: industrial@hendee.com • Internet: www.hendee.com

Tela Poliester seleccionada....continuación

ESTILO.	: PE/PE 454
Materia Prima.	:Polyester/Polyester 100%.
Temp. Máxima.	:170 °C.
Temp. De Trabajo.	:150 °C.
Resistencia a los ácidos.	:Regular.
Resistencia a los álcalis.	:Malo.
Resistencia a la oxidación.	:Bueno.
Peso.	:450 g/m2.
Permeabilidad al aire.	:275 lts/dm2 min. A 20 mmCa.
Volumen de poro.	:82 %.
Acabado	:Termofijado/Glaseado.
Ligam./construcción.	:No tejido con malla de soporte.
Tipo de Fibra.	:Polyester.
Espesor.	:1.80 mm.
Alargamiento a la rup. Trans.	:17 % Trans.
Alargamiento a la rup. Long.	:19 % Long.
Ancho de la tela.	:2.06 mts.

PRINCIPALES APLICACIONES.

Este medio filtrante tiene su aplicación principal en la separación sólido/gas. Filtraciones en sistemas secos de captación de polvos.

Fluidos en plantas mineras, cementeras, siderúrgicas, madereras, de cerámicas, de asbestos, de carbones, de plásticos y pigmentos.

TELAS Y ELEMENTOS FILTRANTES PARA PROCESOS INDUSTRIALES.
DISTRIBUIDOR:

Figura A-16 Características y usos del oxicloruro de cobre

TRATAMIENTOS GUADALQUIVIR S.L.

principal > catálogo > fungicidas

TRAXI

etiqueta

Fungicida de aplicación foliar

Composición	Formulación	Presentación
Oxicloruro de Cobre 50% WP	Polvo mojable	1Kg, 5Kg y 25Kg

Características

Fungicida bactericida clásico, de acción preventiva, amplio campo de actividad y buena persistencia. Su actividad incluye hongos, bacterias.

Nuevo Uso: Autorizado para jardinería exterior doméstica.

Modo de acción

Por su capacidad para enlazarse fuertemente con los grupos amino y carboxilo reacciona con las proteínas y actúa como inhibidor enzimático.

Modo de empleo

Traxi se aplica en pulverización foliar normal.
Cítricos: Tratamientos en otoño, pulverizando hasta una altura de 1.5 m.
Frutales: Aplicar al 0.6-0.8% en tratamiento invernal.
Hortícolas: El P.S es de 15 días en hortícolas de hoja.

Clasificación toxicológica:

Peligrosidad general: Nocivo (Xn) y peligroso para el medioambiente (N)
Peligrosidad para Fauna
Terrestre: Categoria A: Baja peligrosidad para mamíferos y aves
Acuícola: Categoria B: Mediana peligrosidad para peces
Apícola: Compatible con las abejas

Cultivos	Uso	Dosificación	P.S.
Cítricos	Aguado, Phomosis, bacteriosis, hongos endofitos	0,1 - 0,2%	15
Arbustos ornamentales	Royas, hongos endofitos	0,3 - 0,4%	N.P
Olivos	Repilo, Tuberculosis	0,3 - 0,4%	15
Frutales de pepita	Monilia,bacteriosis, moteado	0,3 - 0,4%	15
Frutales de hueso	Cribado, abolladura, monilla, bacteriosis, moteado	0,3 - 0,4%	15
Granados	Cribado	0,3 - 0,4%	15
Higuera	Pobredumbre del fruto	0,3 - 0,4%	15
Vid	Mildium y bacteriosis	0,3 - 0,4%	15
Garbanzos	Rabia	0,3 - 0,4%	15
Remolacha Azucarera	Cercospora	0,3 - 0,4%	15
Lúpulo y patata	Mildium	0,3 - 0,4%	15
Hortícolas	Alternaria, antracnosis, bacteriosis, mildium	0,3 - 0,4%	3

Tabla A-17

Evaluación de la caída de presión del secador neumático de oxicloruro de cobre para 15 t/h

Consideraremos que todo el aire húmedo está incorporado al aire seco desde el comienzo del proceso de secado para efecto de caída de presión

Datos: M = 8517 kg/hora aire+vapor

Datos: M = 2.37 kg/seg

aida de presión en ductos proporcionada por ASHRAE Handbook : 1981 Fundamentals

ositivo	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	Sumas parciales para 200°c	#8
ositivo	Cámara de combustión	Contracción	Ducto	Codo 90°	Ducto	Expansion	Ducto		Ducto
imetro		D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.78 m		D = 0.78 m
ngitud			L= 1.2 m		L= 1.2 m		L= 1.2 m		L= 3.6 m
ratura		T = 200 °C	T = 200 °C	T = 200 °C	T = 200 °C	T = 200 °C	T = 200 °C		T = 150 °C
nsidad		ρ = 0.726 kg/m3	ρ = 0.726 kg/m3	ρ = 0.726 kg/m3	ρ = 0.726 kg/m3	ρ = 0.726 kg/m3	ρ = 0.726 kg/m3		ρ = 0.812 kg/m3
ecífico		§ = 7.122 N/m3	§ = 7.122 N/m3	§ = 7.122 N/m3	§ = 7.122 N/m3	§ = 7.122 N/m3	§ = 7.122 N/m3		§ = 7.964 N/m3
nsidad		r = 0.610	r = 0.610	r = 0.610	r = 0.610	r = 0.610	r = 0.610		r = 0.682
Caudal		Q = 3.26 m3/s	Q = 3.26 m3/s	Q = 3.26 m3/s	Q = 3.26 m3/s	Q = 3.26 m3/s	Q = 3.26 m3/s		Q = 2.91 m3/s
ocidad		V = 27.6 m/s	V = 27.6 m/s	V = 27.6 m/s	V = 27.6 m/s	V = 27.6 m/s	V = 6.9 m/s		V = 6.2 m/s
ocidad		Pv = 276 Pa	Pv = 276 Pa	Pv = 276 Pa	Pv = 276 Pa	Pv = 276 Pa	Pv = 17 Pa		Pv = 15 Pa
érdida		K = 0.06		K = 0.16		K = 0.50			
n unit.	Asumido		ΔP= 16.0 Pa/m		ΔP= 16.0 Pa/m		ΔP= 0.5 Pa/m		ΔP= 0.4 Pa/m
esión	ΔP= 250.0 Pa	ΔP= 16.5 Pa	ΔP= 11.7 Pa	ΔP= 44.1 Pa	ΔP= 11.7 Pa	ΔP= 137.9 Pa	ΔP= 0.33 Pa	ΔP= 472.30 Pa	ΔP= 1.0 Pa
ámica		η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s		η = 0.0000300 Pa.s
ynolds		NR = 258786	NR = 258786	NR = 258786	NR = 258786	NR = 258786	NR = 129393		NR = 129393

ynolds NR<2000, el flujo es laminar

ynolds NR>4000, el flujo es turbulento

nos ante un flujo turbulento en todo el secador

	#9	#10	#11	#12	#13	#14	Sumas parciales para 150°c	#15	#16	#17
	Codo 90°	Expansión	Ducto	Contracción	Codo 180°	Ducto		Codo 90°	Expansión	Ciclón
imetro	D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.78 m	D = 0.39 m	D = 0.39 m	D = 0.39 m		D = 0.39 m	D = 0.39 m	
ngitud			L= 4.2 m			L= 1.2 m				
ratura	T = 150 °C	T = 150 °C	T = 150 °C	T = 150 °C	T = 150 °C	T = 150 °C		T = 100 °C	T = 100 °C	
nsidad	ρ = 0.812 kg/m3	ρ = 0.812 kg/m3	ρ = 0.812 kg/m3	ρ = 0.812 kg/m3	ρ = 0.812 kg/m3	ρ = 0.812 kg/m3		ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3	
ecífico	§ = 7.964 N/m3	§ = 7.964 N/m3	§ = 7.964 N/m3	§ = 7.964 N/m3	§ = 7.964 N/m3	§ = 7.964 N/m3		§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3	
nsidad	r = 0.682	r = 0.682	r = 0.682	r = 0.682	r = 0.682	r = 0.682		r = 0.774	r = 0.774	
Caudal	Q = 2.91 m3/s	Q = 2.91 m3/s	Q = 2.91 m3/s	Q = 2.91 m3/s	Q = 2.91 m3/s	Q = 2.91 m3/s		Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s	
ocidad	V = 24.6 m/s	V = 24.6 m/s	V = 6.2 m/s	V = 24.6 m/s	V = 24.6 m/s	V = 24.6 m/s		V = 21.7 m/s	V = 21.7 m/s	
ocidad	Pv = 247 Pa	Pv = 247 Pa	Pv = 15 Pa	Pv = 247 Pa	Pv = 247 Pa	Pv = 247 Pa		Pv = 217 Pa	Pv = 217 Pa	
érdida	K = 0.16	K = 0.50		K = 0.06	K = 0.32			K = 0.16	K = 0.50	
n unit.			ΔP= 0.4 Pa/m			ΔP= 15.0 Pa/m				Asumido
esión	ΔP= 39.5 Pa	ΔP= 123.3 Pa	ΔP= 1.1 Pa	ΔP= 14.8 Pa	ΔP= 78.9 Pa	ΔP= 12.3 Pa	ΔP= 270.9 Pa	ΔP= 34.8 Pa	ΔP= 108.7 Pa	ΔP= 1000.0 Pa
ámica	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s		η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	
ynolds	NR = 258786	NR = 258786	NR = 129393	NR = 258786	NR = 258786	NR = 258786		NR = 258786	NR = 258786	

	#18	#19	#20	#21	#22	#23	Sumas parciales para 100°c	#24	Sumas parciales para 96°c
	Contracción	Codo 180°	Ducto	Codo sin radio	Codo 90°	Ducto		Filtro de Mangas	
imetro	D = 0.49 m	D = 0.49 m	D = 0.49 m	D = 0.49 m	D = 0.49 m	D = 0.49 m			
ngitud			L= 6.5 m			L= 1.2 m			
ratura	T = 100 °C	T = 100 °C	T = 100 °C	T = 100 °C	T = 100 °C	T = 100 °C		T = 96 °C	
nsidad	ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3	ρ = 0.921 kg/m3		ρ = 0.931 kg/m3	
ecífico	§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3	§ = 9.031 N/m3		§ = 9.129 N/m3	
nsidad	r = 0.774	r = 0.774	r = 0.774	r = 0.774	r = 0.774	r = 0.774		r = 0.782	
Caudal	Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s	Q = 2.57 m3/s		Q = 2.54 m3/s	
ocidad	V = 13.9 m/s	V = 13.9 m/s	V = 13.9 m/s	V = 13.9 m/s	V = 13.9 m/s	V = 13.9 m/s			
ocidad	Pv = 89 Pa	Pv = 89 Pa	Pv = 89 Pa	Pv = 89 Pa	Pv = 89 Pa	Pv = 89 Pa			
érdida	K = 0.06	K = 0.32		K = 0.85	K = 0.16				
n unit.			ΔP= 4.0 Pa/m			ΔP= 4.0 Pa/m			Asumido
esión	ΔP= 5.3 Pa	ΔP= 28.5 Pa	ΔP= 20.1 Pa	ΔP= 75.7 Pa	ΔP= 14.3 Pa	ΔP= 3.7 Pa	ΔP= 1291.2 Pa	ΔP= 1000.0 Pa	ΔP= 1000.0 Pa
ámica	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s	η = 0.0000300 Pa.s			
ynolds	NR = 207029	NR = 207029	NR = 207029	NR = 207029	NR = 207029	NR = 207029			

de presión usando la ecuación de Darcy $h=fL/D(V^2/2g)$§ y evaluando primero el factor de fricción f con el diagrama de Moody

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	Sumas parciales para 200°c	#8
nizado			ϵ = 0.00015 m		ϵ = 0.00015 m		ϵ = 0.00015 m		ϵ = 0.00015 m
			D/ϵ = 2587		D/ϵ = 2587		D/ϵ = 5173		D/ϵ = 5173
			f = 0.01800		f = 0.01800		f = 0.01850		f = 0.01850
esión	ΔP= 250.0 Pa	ΔP= 16.1 Pa	ΔP= 15.4 Pa	ΔP= 42.86 Pa	ΔP= 15.4 Pa	ΔP= 133.9 Pa	ΔP= 0.5 Pa	ΔP= 474.1 Pa	ΔP= 1.3 Pa

factor de fricción f mediante la fórmula deSwamee y Jain

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	Sumas parciales para 200°c	#8
y Jain			f = 0.01787		f = 0.01787		f = 0.01819		f = 0.01819
esión	ΔP= 250.0 Pa	ΔP= 16.1 Pa	ΔP= 15.2 Pa	ΔP= 42.86 Pa	ΔP= 15.2 Pa	ΔP= 133.9 Pa	ΔP= 0.5 Pa	ΔP= 473.8 Pa	ΔP= 1.3 Pa

Promedio para 200°C

ΔP= 473 Pa

	#9	#10	#11	#12	#13	#14	Sumas parciales para 150°c	#15	#16	#17
nizado			ϵ = 0.00015 m			ϵ = 0.00015 m				
			D/ϵ = 5173			D/ϵ = 2587				
			f = 0.01850			f = 0.01850				
esión	ΔP= 38.3 Pa	ΔP= 119.8 Pa	ΔP= 1.5 Pa	ΔP= 14.4 Pa	ΔP= 76.7 Pa	ΔP= 14.1 Pa	ΔP= 266.1 Pa	ΔP= 33.8 Pa	ΔP= 105.6 Pa	ΔP= 1,000.0 Pa
y Jain			f = 0.01819			f = 0.01787				
esión	ΔP= 38.3 Pa	ΔP= 119.8 Pa	ΔP= 1.5 Pa	ΔP= 14.4 Pa	ΔP= 76.7 Pa	ΔP= 13.6 Pa	ΔP= 265.6 Pa	ΔP= 33.8 Pa	ΔP= 105.6 Pa	ΔP= 1,000.0 Pa

Promedio para 150°C

ΔP= 268 Pa

	#18	#19	#20	#21	#22	#23	Sumas parciales para 100°c	#24	Sumas parciales para 96°c
nizado			ϵ = 0.00015 m			ϵ = 0.00015 m			
			D/ϵ = 3233			D/ϵ = 3233			
			f = 0.01850			f = 0.01850			
esión	ΔP= 5.2 Pa	ΔP= 27.7 Pa	ΔP= 22.1 Pa	ΔP= 73.5 Pa	ΔP= 13.8 Pa	ΔP= 4.1 Pa	ΔP= 1285.8 Pa	ΔP= 1000.0 Pa	ΔP= 1000.0 Pa
y Jain			f = 0.01778			f = 0.01778			
esión	ΔP= 5.2 Pa	ΔP= 27.7 Pa	ΔP= 21.2 Pa	ΔP= 73.5 Pa	ΔP= 13.8 Pa	ΔP= 3.9 Pa	ΔP= 1284.8 Pa	ΔP= 1000.0 Pa	ΔP= 1000.0 Pa

Promedio para 100°C

ΔP= 1287 Pa

Promedio para 96°C

ΔP= 1000 Pa

Tabla A-18

Metrado de secador neumático de oxicloruro (ductos,ciclón, filtro de mangas)
Material: Acero inoxidable

Ducto #						
03	Diam= 388 mm	Long= 1220 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.49 m2	Peso= 18 kg	
05	Diam= 388 mm	Long= 1220 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.49 m2	Peso= 18 kg	
07-08	Diam= 776 mm	Long= 4880 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 11.90 m2	Peso= 143 kg	
11	Diam= 776 mm	Long= 4270 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 10.41 m2	Peso= 125 kg	
14	Diam= 388 mm	Long= 3392 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 4.13 m2	Peso= 50 kg	
20	Diam= 485 mm	Long= 5898 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 8.99 m2	Peso= 108 kg	
21	Diam= 485 mm	Long= 1126 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.72 m2	Peso= 21 kg	
23	Diam= 388 mm	Long= 1220 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.49 m2	Peso= 18 kg	
				Area= 41.60 m2	Peso= 499 kg	
Codos 90°#						
04	Diam= 388 mm	Radio int= 388 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.49 m2	Peso= 18 kg	
09	Diam= 388 mm	Radio int= 776 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.23 m2	Peso= 27 kg	
13	Diam= 388 mm	Radio int= 776 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.23 m2	Peso= 27 kg	
13	Diam= 388 mm	Radio int= 776 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.23 m2	Peso= 27 kg	
15	Diam= 388 mm	Radio int= 776 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.23 m2	Peso= 27 kg	
19	Diam= 485 mm	Radio int= 485 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.32 m2	Peso= 28 kg	
19	Diam= 485 mm	Radio int= 485 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.32 m2	Peso= 28 kg	
22	Diam= 388 mm	Radio int=388 mm	Esp=1.5 mm	Area= 1.49 m2	Peso= 18 kg	
				Area= 16.53 m2	Peso= 198 kg	
Conos transic						Medidas
02	DiamM= 600 mm	Altura= 600 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.24 m2	Peso= 15 kg	D600 a d388 x h600
06	DiamM= 776 mm	Altura= 500 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.34 m2	Peso= 16 kg	D776 a d388 x h500
10	DiamM= 776 mm	Altura= 500 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.34 m2	Peso= 16 kg	D776 a d388 x h500
12	DiamM= 776 mm	Altura= 500 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 1.34 m2	Peso= 16 kg	D776 a d388 x h500
16	DiamM= 700 mm	Altura= 1200 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.90 m2	Peso= 35 kg	700 x 350 a d388 x h1200
18	DiamM= 970 mm	Altura= 600 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 2.01 m2	Peso= 24 kg	D970 a d 485 x h600
22a	DiamM= 500 mm	Altura= 450 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 0.78 m2	Peso= 9 kg	500 x 400 a d388 x h450
				Area= 10.96 m2	Peso= 131 kg	

Peso Total (sin merma)	Peso= 829 kg
Area total(forrada)	Area= 69.1 m2

Metrado de ciclón

						Medidas
Tubo mayor	Diam= 1941 mm	Long= 1525 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 9.30 m2	Peso= 112 kg	
Tubo menor	Diam= 970 mm	Long= 1525 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 4.65 m2	Peso= 56 kg	
Cono	DiamM= 1941 mm	Altura= 3473 mm	Esp= 1.5 mm	Area= 21.18 m2	Peso= 254 kg	D1941 a d300 x h3473
Tapa	DiamM= 1941 mm		Esp= 1.5 mm	Area= 2.96 m2	Peso= 36 kg	
Tapa(-)	DiamM= 970 mm		Esp= 1.5 mm	Area= 0.74 m2	Peso= 9 kg	
				Area= 37.34 m2	Peso= 448 kg	
Peso Total (sin merma)	Peso= 448 kg					
Area forrada	Area= 11.5 m2					

Metrado de filtro de mangas

						Medidas
1524	1524	3048	Esp= 1.5 mm	Area= 18.58 m2	Peso= 223.0 kg	Cuerpo principal
1524	1524	610	Esp= 1.5 mm	Area= 3.72 m2	Peso= 44.6 kg	Cuerpo superior
1524	1524	610	Esp= 1.5 mm	Area= 3.72 m2	Peso= 44.6 kg	Cuerpo inferior
1524	1524	1500	Esp= 1.5 mm	Area= 9.14 m2	Peso= 109.7 kg	Tolva
1524	1524		Esp= 1.5 mm	Area= 2.32 m2	Peso= 27.9 kg	Tapa
1524	1524		Esp= 4.5 mm	Area= 2.32 m2	Peso= 83.6 kg	Placa espejo
					Peso= 533 kg	
Peso Total (sin merma)	Peso= 533 kg					

Constantes usadas:

	Masa molar	Constante de gas	Cp	Cv	K
	M Kg/Kmol	R KJ/Kg.K		@300K	
Agua	18.015	0.4615	1.8723	1.4108	1.33
Aire	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.40

Características del GLP (Según Compañia Peruana de Gas S.A.

Densidad a 15°C = 0.53127 Kg/litro

Poder calorífico inferior = 11037 Kcal/Kg 46210 KJ/kg 24550 KJ/litro

1 mm-agua(20°C) = 9.7867 Pa