



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE TIROS FORZADOS
Y RECIRCULACION DE GASES PARA UN GENERADOR
DE VAPOR DE 300 M.W.**

T E S I S

**Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

p r e s e n t a

RICARDO PINEDA GONZALEZ

Director de Tesis: Ingeniero Daniel Hernández P.

Cuautitlán Izcalli, Estado de México

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE TIROS FORZA
DOS Y RECIRCULACION DE GASES PARA UN GENERADOR DE VA-
POR DE 300 M.W.**

CAPITULO I

INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	3
CARACTERISTICAS GENERALES DE LA UNIDAD # 3.	4
PROCESO DE LA PLANTA	6

CAPITULO II

TIRO FORZADO (GENERALIDADES)	11
EFFECTO DE LA FORMA DE LOS ALABES SOBRE LA VELOCIDAD DEL AIRE	14
CALCULOS (TIRO FORZADO)	22
CALCULOS (RECIRCULADOR DE GASES)	26
MECANISMO DE GIRO (CONTRAFLECHA)	30
BOMBA DE TORNILLO	31
EMBRAGUE DE FRICCION	32
ENGRANE DENTADO	33
CADENA	34
MANTENIMIENTO	35
DEFECTOS Y REMEDIOS	50
INSPECCIONES PERIODICAS QUE DEBEN LLEVARSE A EFECTO	61

CAPITULO III

PRECALENTADOR DE AIRE GENERATIVO LJUNGSTROM	69
ELEMENTOS DE CALENTAMIENTO	70
BALEROS DEL ROTOR	71
IMPULSOR	72
MOTOR AUXILIAR	72
SELLO DEL ROTOR	73
MECANISMO DE LIMPIEZA	74
DUCTOS	79

CAPITULO IV

CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	88

INTRODUCCION

Este trabajo consiste en un estudio del funcionamiento y características técnicas del sistema de alimentación de aire del generador de vapor y su equipo auxiliar.

Este sistema es de una importancia relevante debido a que alimenta de aire a la caldera con el fin de llevar a cabo la combustión para la generación de calor, indispensable éste para evaporar el agua de alimentación.- El tener un conocimiento del comportamiento de los ventiladores de tiro forzado y recirculación facilita el reducir costes de mantenimiento y operación, ya que estos se realizan de una manera más simple en base a dichos conocimientos.

La unidad de generación de vapor de la cual se describe de una manera rápida y general su funcionamiento es parte de una serie de 4 unidades - siendo las dos últimas o sea la 3 y 4 idénticas en funcionamiento y características técnicas.

Una de los propósitos por los que fué hecho y que persigue este trabajo es el de que, nuevas generaciones, compañeros de trabajo y personal de la planta, se forme una idea del funcionamiento del sistema de ventiladores de tiro forzado, recirculadores, ductos en general y su equipo auxiliar, de esta planta termoeléctrica de Manzanillo en su segunda etapa de dos unidades.

GENERALIDADES

La primera etapa de la planta termoeléctrica de Manzanillo, consta de 2 unidades de 300,000 Kw cada una, siendo la segunda etapa también de 2 unidades de la misma capacidad aunque con ligeras variaciones en el diseño.

El objeto de esta planta es cubrir la demanda de energía eléctrica que pueda presentar esa zona, apoyando así el crecimiento de la región y también el sistema eléctrico nacional.

Cada unidad opera dentro de un ciclo termodinámico, Rankine regenerativo con recalentamiento, que consiste básicamente en un generador de vapor, el cual mediante la combustión de aceite pesado, convierte el agua de alimentación en vapor de alta presión y de alta temperatura, siendo la fuerza motriz con que se alimenta la turbina donde se transforma la energía térmica en mecánica, transmitiendo esta última al generador eléctrico que la convertirá finalmente en corriente eléctrica.

El ciclo se completa al condensar el vapor de descarga de la turbina, utilizando agua de mar como medio de enfriamiento, y alimentando este condensado nuevamente al generador de vapor.- El término de regenerativo se debe a que en diversos puntos de la turbina se extrae vapor para calentar el agua que alimenta al generador de vapor y el de recalentado o recalentamiento se debe a que el vapor que pasó por la sección de la turbina de alta presión se regresa al generador de vapor para elevar su temperatura nuevamente antes de pasar a las siguientes etapas de la turbina.- Estas dos características sirven para mejorar la eficiencia del ciclo.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA UNIDAD No. 3

La construcción es del tipo intemperie para el generador de vapor e interior para el turbogenerador.- Los generadores de vapor son de tipo radiante con recalentamiento, horno presurizado y circulación controlada.

Los turbogeneradores son de turbina de cilindros en serie, doble carcasa con recalentamiento intermedio condensación en doble flujo en el escape y acoplados a un generador eléctrico de corriente alterna con estator y rotor enfriado con hidrógeno y sistema de excitación accionado con flecha.- Los generadores son de corriente alterna, totalmente cerrados a prueba de explosión, de campo cilíndrico, trifásicos con capacidad nominal de 346.000 Kw, con los enfriadores de Hidrógeno en servicio a una presión de 3.16 Kg/cm^2 .- Consta de un edificio de casa de máquinas y cuarto de control adecuado para las 4 unidades.

Las calderas se adaptaron separadamente a cada unidad.

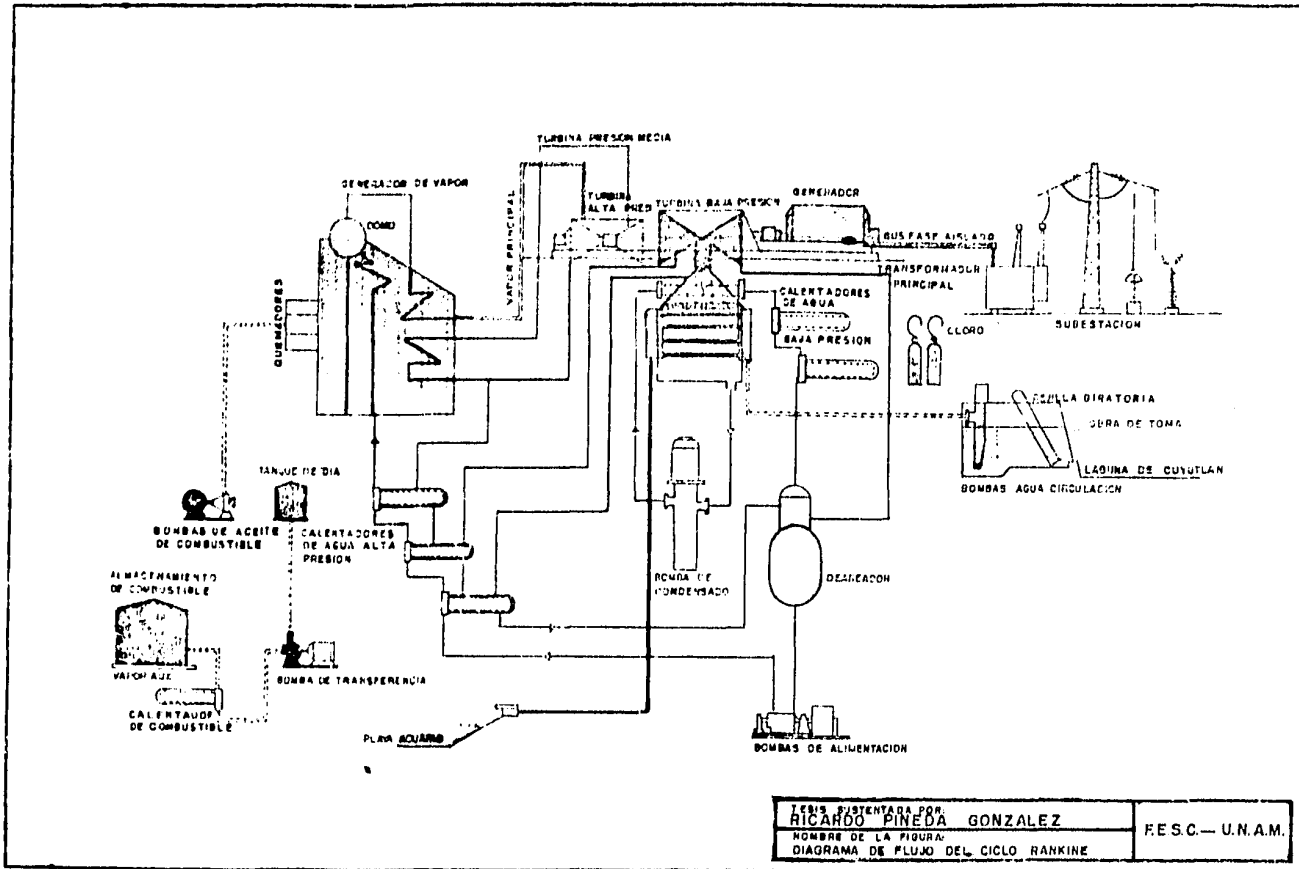
El medio de enfriamiento para el condensador, es un sistema abierto con agua de mar.- Como parte del sistema para el agua de enfriamiento ha sido construido un canal de 220 m. de longitud en el lugar denominado Ventanas, mismo que ha comunicado -

el Océano Pacífico con la Marina de Cayutlán, donde -
está ubicada la obra de toma.- El agua de repuento se
suministra por medio de un proceso de desmineraliza-
ción de agua proveniente de pozos situados a una dis-
tancia de 10.300 Km.

PROCESO DE LA PLANTA

La alimentación de agua destilada al gene-
rador de vapor o caldera durante el llenado de la rig-
ma, se efectúa mediante el bombeo desde los tanques -
de almacenamiento directamente al economizador de la
caldera, posteriormente se inicia la operación de la
misma hasta lograr las condiciones necesarias para su
suministrar vapor con alta presión a la turbina de alta
presión.

La caldera utiliza en el hogar dos tipos -
de combustible para su combustión, siendo estos, el
aceite Bunker "C" para sus 16 quemadores y Hielol pa-
ra sus 16 pilotes con que cuenta, siendo el gas natu-
ral una opción del Bunker "C".- Los quemadores son de



mayor capacidad de vacío que los pilotos, estos pilotos se usan durante un corto lapso de tiempo, hasta - lograr las condiciones necesarias en la caldera para encender los quemadores, mientras que los quemadores son los que se utilizan normalmente durante la operación.

El vapor suministrado a la turbina de alta presión sale del sobrecalentador con una presión aproximada de 175 Kg/cm^2 siendo esta la presión utilizada normalmente durante la operación de la turbina.

Una vez efectuado el trabajo por el vapor en la turbina de alta presión, regresa éste al recalentador de la caldera a recuperar su condición de temperatura inicial, dirigiéndose enseguida a la sección de la turbina de intermedia presión, pasando de ahí directamente a la sección de la turbina de baja presión donde después de efectuado el trabajo se descarga hacia el condensador.

El condensador es de superficie, está diseñado para operarlo en vacío, las flujos son de mate-

rial cuproniquel con 90% de cobre y 10% de níquel, el resto contiene 70% de cobre y 30% de níquel, estos últimos se encuentran colocados en dos capas o hileras en la parte superior de la flusearía por ser el lugar donde se registran mayores vibraciones y este tipo de fluseas tiene mayor resistencia a las mismas; la flusearía se encuentra soportada por 11 soportes en el interior del condensador por cada división con una circulación de agua por el interior de los fluseas de $12.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ por unidad, esta tiene una temperatura de entrada de aproximadamente 28°C o 36°C de salida, el agua de circulación se extrae del mar mediante dos bombas con capacidad de descarga de $12.5 \text{ m}^3/\text{seg}$.

El condensado recolectado en el pozo caudaliente del condensador, se envía a través de las bombas de condensado hasta el desareador, pasando antes por los calentadores de baja presión 1 y 2.- En el desareador se eliminan los gases no condensables que puedan tener el condensado; esto se logra haciendo pasar el condensado a través de charolas perforadas de acero inoxidable y por diferencia de densidades

los gases se elevan durante la atomización siendo venteados a la atmósfera, el condensado cae por gravedad a el calentador No. 3, del cual a su vez cae por gravedad hasta la succión de las bombas de agua de alimentación.

Las bombas de agua de alimentación son - las que alimentan a la caldera por medio del economizador, pasando antes el agua de alimentación a través de los calentadores de alta presión.

Los calentadores tanto los de baja como - los de alta presión, constan de una serie de fluses y una carcasa, el agua de condensado si se trata de los calentadores de baja presión y el agua de alimentación si se trata de los calentadores de alta presión, pasa a través de los fluses a cada calentador se le encuentra conectada una extracción de vapor - procedente de la turbina, este vapor de extracción - cede parte de su energía calorífica al agua de condensado o de alimentación según el calentador de que se trate, aumentando la temperatura del agua; el va-

por de las extracciones en cada calentador se descarga al condensador después de su paso sobre los flujos, incorporándose así de nuevo al ciclo.

TIRO FORZADO

(GENERALIDADES)

Cuando es preciso mover los gases venciendo presiones comprendidas entre 0 y 1000 mm. columna de agua se recurre a los ventiladores, los cuales se emplean en gran extensión en las centrales térmicas, secaderos, instalaciones de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, conducción y refrigeración.

El ventilador es una turbomáquina que absorbe energía mecánica y restituye energía al gas, prácticamente el ventilador transforma la mayor parte de la energía cinética del fluido en energía de presión, pero esta presión no debe sobrepasar los 1000 mm columna de agua ya que de suceder así la máquina se estaría comportando como un compresor.

Los ventiladores se clasifican de la siguiente manera en base a la presión total desarrollada:

-- Ventiladores de baja presión.- Presión total desarrollada inferior a 100 mm.c.a.

-- Media presión.- Presión total desarrollada superior a 100 mm.c.a. e inferior a 300 mm.c.a.

-- Alta presión.- Presión total desarrollada superior a 300 mm.c.a. e inferior a 1000 mm.c.a.

Clasificación según la dirección del flujo:

-- Axiales.- En estos aparatos el flujo de gases es paralelo al eje longitudinal o eje de giro del redete o hélice.

-- Centrífgos.- En este tipo de ventiladores el efecto producido por el redete al girar surge de la tendencia del gas adyacente a las caras anteriores de las paletas a desplazarse radialmente hacia afuera como consecuencia de la fuerza centrífuga, siendo lanzado desde los bordes de las paletas hacia la envolvente.- Como resultado de este movimiento se ori-

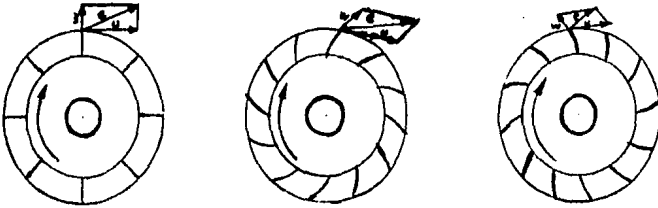
gna una presión inferior a la atmosférica en el --
centro del redete, y otra presión positiva en la en-
volvente que le rodea.

Todos los ventiladores centrífugos están
constituídos por un redete que gira dentro de una --
carcasa o envolvente, construída generalmente de --
plancha metálica.- Dicha envolvente tiene la forma -
espiral, la cual permite que el aire sea lanzado por
los álbes hacia la periferia del redete con pérdi--
das reducidas y ligera turbulencia.

Además este tipo de ventiladores se clasi-
fican también como ventiladores de disco y ventilado-
res de paletas múltiples.- En el primer caso el rede-
te consiste en una o dos arañas, cada una de las cua-
les tiene de 6 a 12 brazos.- Cada par de brazos lle-
va una paleta de plancha plana colocadas éstas ra---
dialmente, dichas paletas pueden ser rectas, curva--
das hacia atrás o bien hacia adelante, según las ca-
racterísticas de funcionamiento deseadas.- En el se-
gundo caso el redete está formado por un disco sobre

el cual va montado el cubo y una corona circular o anillo unida al disco por una serie de paletas o álabes, repartidos a distancias iguales.

EFFECTO DE LA FORMA DE LOS ALABES SOBRE LA VELOCIDAD DEL AIRE.- Los efectos que produce la forma del álabe sobre la velocidad resultante o absoluta del aire, aparecen representados en la figura que adelante se muestra.- En el diagrama vectorial las velocidades vienen diferenciadas por los siguientes símbolos: U = velocidad tangencial; W = velocidad rela-



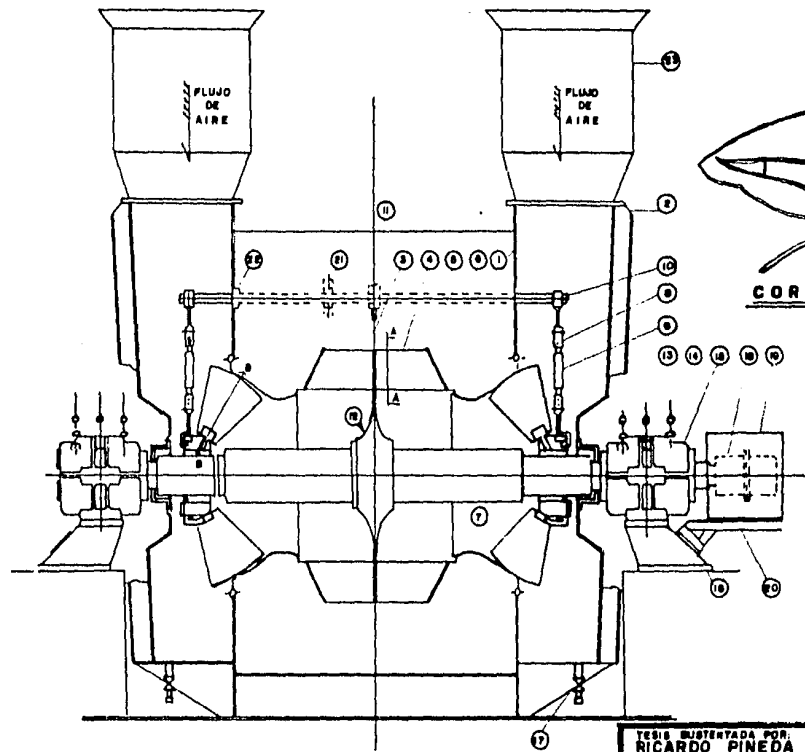
tiva; C = velocidad absoluta del aire.- Cuando todos los rodetes representados giran con la misma velocidad periférica, los que tienen las paletas curvadas hacia adelante producen la velocidad absoluta máxima del aire; y los que tienen las paletas curvadas hacia atrás, producen la mínima.- La velocidad resul-

tante del gas, al abandonar las paletas del ventilador, tiene gran importancia, dado el punto de vista de la velocidad de funcionamiento y ruido producido por él.- Como en los ventiladores con paletas curvadas hacia adelante producen la velocidad máxima del aire, este mismo hace que dichos ventiladores sean mas ruidosos que los otros tipos; en cambio los que tienen los álabes curvados hacia atrás pueden trabajar a elevadas velocidades con grandes rendimientos volumétricos y con amplios límites de capacidad, a velocidad constante, con pequeñas variaciones en la potencia de accionamiento.

Todos los ventiladores desarrollan una -- presión total, la cual está formada a su vez, por -- dos tipos de presiones, las cuales son la presión di námica y la presión estática.- En determinadas condi ciones de funcionamiento una de las dos puede ser -- igual a cero, pero nunca las dos simultáneamente si el ventilador está funcionando.- La presión dinámica se utiliza para crear y mantener la velocidad del ai re o gas.- La presión estática tiene como finalidad

vencer los rozamientos y pérdidas de forma ocasionadas estas por los diversos accesorios tales como: codos, tes, compuertas, calentadores, etc., Las presiones estática, dinámica y total están relacionadas en tre sí.- Por ejemplo, si el gas trasegado experimenta un aumento de velocidad en un punto del ducte, - parte de la presión estática disponible en dicho punte se transforma en la presión dinámica requerida.-' Análogamente, si la velocidad se reduce en un determinado lugar, parte de la presión dinámica en dicho' lugar se convierte en presión estática.

Los ventiladores de tiro forzado y de re--
circulación de gases utilizados en la planta y espe--
cíficamente en las unidades 3 y 4, son centrífugas,'
denominados de álabes múltiples cuyo impulsor o rode
te tiene los álabes huecos y curvados hacia atrás; -
este le da una velocidad resultante al aire mínima,'
pero también le permite trabajar a velocidades eleva
das con grandes rendimientos volumétricos y con am--
plios límites de capacidad, a velocidad constante, -
con pequeñas variaciones en la potencia requerida.-'

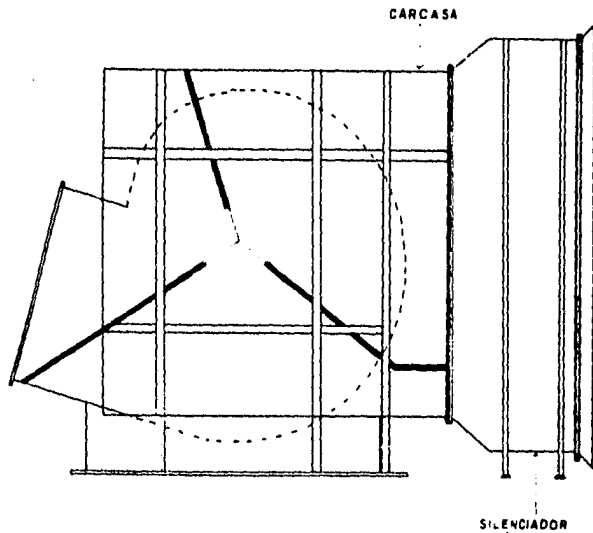


ROTACION DEL
IMPELENTE

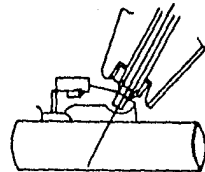
CORTE A.A.

- ① CARCASA
- ② COMPARTIMENTO DE ENTRADA
- ③ PLACA CENTRAL
- ④ ALABES
- ⑤ PLACA LATERAL
- ⑥ CONO DE ENTRADA
- ⑦ FLECHA
- ⑧ ALABES DEL CONTROL DE ENTRADA
- ⑨ MECANISMO DE LOS ALIES DEL CONTROL DE ENTRADA
- ⑩ FLECHA DEL CONTROL DE ENTRADA
- ⑪ PALANCA DEL CONTROL DE ENTRADA
- ⑫ COFA
- ⑬ EMPAQUES
- ⑭ CUBIERTA A PRUEBA DE RUIDOS
- ⑮ COJINETES
- ⑯ PEDESTAL
- ⑰ TUBO DE DRENAJE
- ⑱ COPLE
- ⑲ CUBIERTA DE COPLE
- ⑳ SOPORTE DE LA CUBERTA
- ㉑ COJINETES
- ㉒ COJINETES
- ㉓ SILENCIADOR

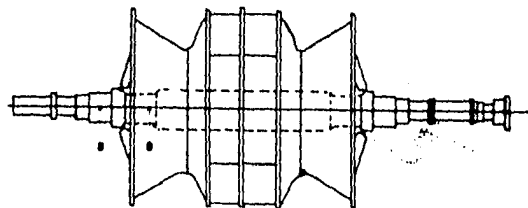
TESIS sustentada por RICARDO PINEDA GONZALEZ HOMBRE DE LA PISURA: VENTILADOR DE TIRO FORZADO	F.E.S.C. — UNAM.
---	-------------------------



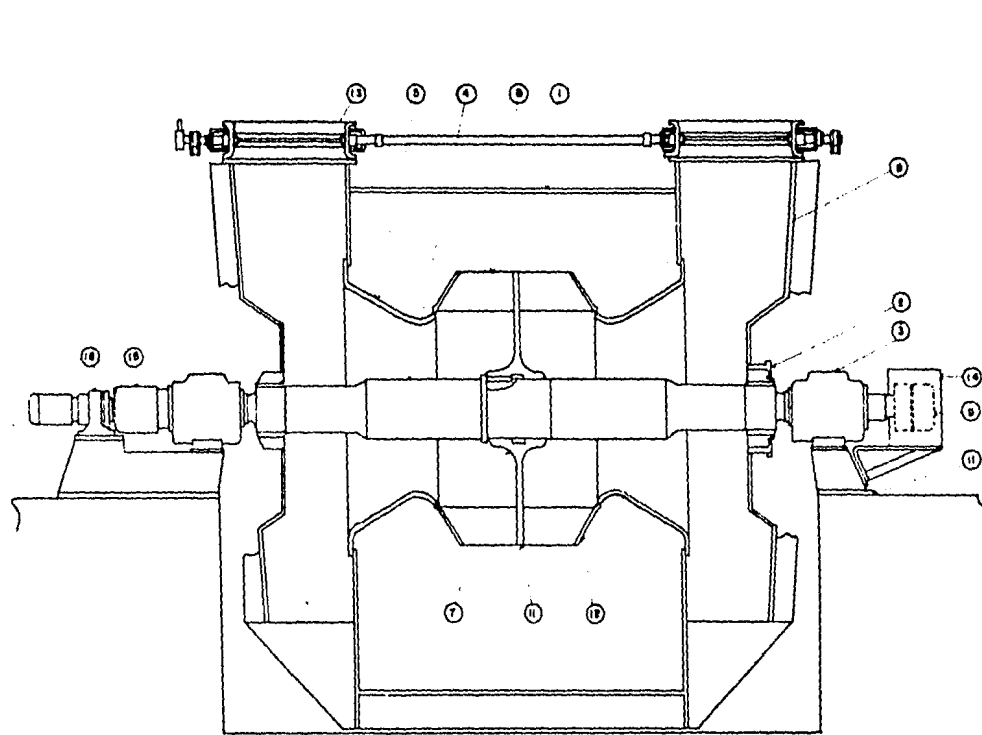
CORTE B-B



DETALLE DE IMPELENTE



TESIS SUSTENTADA POR: RICARDO PINEDA GONZALEZ NOMBRE DE LA FIGURA: VISTA LATERAL DEL VENTILADOR DE TIRO FORZADO	F.E.S.C.—U.N.A.M.
---	-------------------



- ① CARCASA
- ② SELLO DE LA FLECHA
- ③ COJINETE
- ④ FLECHA
- ⑤ CONO DE ENTRADA
- ⑥ COMPARTIMIENTO DE ENTRADA
- ⑦ COPA
- ⑧ ASPAS (ALABES)
- ⑨ COUPLE
- ⑩ PEDESTAL
- ⑪ PLACA CENTRAL
- ⑫ PLACA LATERAL
- ⑬ COMPUERTA DE ENTRADA
- ⑭ CUBIERTA DEL ACOPLAMIENTO
- ⑮ LEVA DE ACOPLAMIENTO POR BARRAS
- ⑯ TRANSMISION DEL MOTOR

TESIS SUBENTENDADA POR RICARDO PINEDA GONZALEZ NOMBRE DE LA FIGURA. VENTILADOR DE RECIRCULACION DE GASES	F.E.S.C.— U.N.A.M.
--	--------------------

El flujo de aire se hace variar con deflectores radiales regulables, colocados en la boca de entrada del ventilador de tiro forzado.- Dichos ventiladores vienen por pares, tanto los de tiro forzado como los de recirculación de gases, suministrando los primeros el aire de combustión con una presión que está entre los límites de 913 a 885 mm.c.a. lo cual los sitúa como ventiladores de alta presión.- La temperatura a la cual se toma el aire de alimentación es de 26.5 C y el régimen de estos ventiladores es de 1180 r.p.m.

En los ventiladores se puede considerar el fluido manejado como incompresible y puede suponerse éste como un gas perfecto que se comporta de acuerdo a su ecuación correspondiente.

$$Pv = RT$$

donde v es el volumen específico y dado que $v = \frac{I}{\rho}$

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

donde R — constante del gas, que para el aire vale

$$R = 29.29 \text{ (Kg-f-m/Kgm-°K)}.$$

T — Temperatura absoluta °K.

Las condiciones del estado normal del aire son:

$$P = 760 \text{ mm Hg} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T = 0 \text{ C}; \quad \gamma = 1.2255 \text{ Kg/m}^3$$

$$e = 0.1249 \frac{\text{Kg-s}^2}{\text{m}^4}; \quad \mu = 18155 \times 10^{-7} \frac{\text{Kg-s}}{\text{m}^2}$$

La ecuación de Bernouilli es válida para los ventiladores, con tal de que se utilice en ella el peso específico (γ) del gas manejado, expresándose entonces todos los términos en columnas del dicho gas.

Quedando la ecuación de Bernouilli multiplicada por el peso específico del fluido de la siguiente manera:

$$P = p_i - p_e + \frac{\rho}{2} (v_i^2 - v_e^2) \text{ Kg/m}^2$$

donde $P = \gamma H_m$ — incremento de presión total o pre-

sión útil del ventilador llamada también presión manométrica.

$p_s - p_e$ — Presión estática.

$\frac{\rho}{2} (v_s^2 - v_e^2)$ — Presión dinámica.

En la ecuación anterior se ha despreciado el término $(z_s - z_e)$ pues el incremento de presiones debido a la diferencia de alturas entre la entrada y la salida del ventilador es mínima y se puede despreciar en la mayor parte de los casos.

En el caso de los ventiladores es común representar las ecuaciones de potencias y rendimientos en términos de presiones en vez de alturas.— Por consiguiente la ecuación de Euler para los ventiladores queda expresada de la siguiente manera :

$$P_t = \rho (u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}) \text{ Kg/m}^2$$

donde P_t — presión teórica.

Las potencias N_a , N_u y N_i quedan así expresadas:

$$N_u = \frac{Q H_m}{75} \text{ pero como } \gamma H_m = P \text{ entonces}$$

$$N_u = \frac{QP}{75} \text{ C.V.}$$

$$N_a = \frac{QP}{\eta_h \eta_v \eta_m 75} \text{ C.V.}$$

$$N_i = \left(\frac{Q + q_i + q_e}{75} \right) P_i \text{ C.V.}$$

donde :

N_a — potencia de accionamiento = potencia absorbida por el eje del ventilador.

N_i — potencia interna = potencia suministrada al rodete e igual a la potencia de accionamiento menos las pérdidas mecánicas.

N_u — potencia útil = incremento de potencia que experimenta el fluido en el ventilador.

Las expresiones de rendimiento quedan de la siguiente manera :

Rendimiento hidráulico.- Toma en cuenta todas las pérdidas hidráulicas (Pr-int) en el ventilador, este es $\frac{P}{\gamma} = \frac{1}{\gamma} (Pt - Pr-int)$.

$$\eta = \frac{P}{P_r}$$

El rendimiento volumétrico tiene en cuenta todas las pérdidas volumétricas y su valor es:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + q_i + q_e}$$

donde Q = caudal útil

q_e = caudal que sale por el eje al exterior

q_i = caudal en certe circuito que retrocede por el intersticio que forman el rodetes y la carcasa.

$Q + q_i + q_e$ = caudal desplazado por el rodetes.

El rendimiento mecánico tiene en cuenta todas las pérdidas mecánicas:

$$\eta_m = \frac{N_i}{N_a}$$

siendo $N_i = N_a$ - pérdidas mecánicas.

El rendimiento total queda expresado por la relación de potencias, siendo estas la potencia útil con respecto a la potencia de accionamiento.


CALCULOS

(TIRO FORZADO)

Tomando en cuenta que la entrada en el ventilador es radial resulta que $C_{v} = 0$ teniendo como referencia los siguientes datos:

$$\begin{aligned}
 b_1 &= 0.6 \text{ m} & ; & \quad b_2 = 0.4 \text{ m} \\
 D_1 &= 1300 \text{ mm} & ; & \quad Q = 10,000 \text{ m}^3/\text{min.} \\
 D_2 &= 2000 \text{ mm} & ; & \quad \beta_1 = 53^\circ
 \end{aligned}$$

Como la entrada es radial el triángulo de velocidades a la entrada del ventilador queda de la siguiente manera de acuerdo a los cálculos de las condiciones de entrada

$$C_1 = C_{m1}$$


$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{(3.1416)(1.3)(1180)}{60} = 80.32 \text{ m/seg.}$$

$$Q = D_1 b_1 C_{m1} \pi$$

y de acuerdo a la condición de que $C_{m1} = C_1$

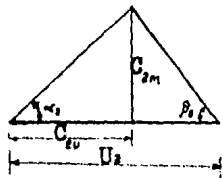
$$C_{1m} = \frac{10,000}{(60)(3.1416)(0.6)(1.3)}$$

$$\underline{\underline{C_{1m} = 68.0149 \text{ m/seg.}}}$$

$$\text{tang } \beta_1 = \frac{C_{1m}}{U_1} = \frac{68.0149}{80.32} = 0.8468$$

$$\underline{\underline{\beta_1 = 40^\circ 30' \text{ ángulo de entrada del álabe.}}}$$

Con ayuda de los datos arriba calculados - se obtienen las condiciones del fluido a la salida - del rodete representadas por el triangulo de velocidades respectivo.



$$\text{donde } U_1 = \frac{D_2}{D_1} U_2 = \frac{2000}{1300} (80.32)$$

$$\underline{\underline{U_1 = 123.5692 \text{ m/seg.}}}$$

$$C_{1m} = \frac{D_1 b_1}{D_2 b_2} C_{2m} = \frac{(1.3)(0.6)}{(2.0)(0.4)} (68.0149)$$

$$\underline{\underline{C_{1m} = 66.3145 \text{ m/seg.}}}$$

$$C_{2u} = U_1 - \frac{C_{1m}}{\text{tang } \beta_1} = 123.5692 - \frac{66.3145}{1.327}$$

$$\underline{\underline{C_{2u} = 73.5959 \text{ m/seg.}}}$$

luego la presión teórica se obtiene de la siguiente manera :

$$P_t = \frac{\gamma}{g} U_2 C_{2u}$$

$$P_s = \frac{1.2}{9.8} (123.5692)(73.5959)$$

$$\underline{\underline{P_s = 1113.5743 \text{ m.m.c.a.}}}$$

además

$$\eta = \frac{P}{P_s} = \frac{913}{1113.5743} = 0.8199$$

$$\underline{\underline{\eta = 82\%}}$$

La potencia interna se obtiene de acuerdo'

a la siguiente fórmula:

$$N_i = \left(\frac{Q + q_s + q_c}{75} \right) P_s \quad \text{donde } q_s = 0 \quad ; \quad q_c = 2\% Q$$

$$N_i = \left(\frac{10,000 + 200}{75} \right) (1113.57)$$

$$N_i = 2524.09 \text{ G. V.}$$

luego

$$N_u = \frac{Q P}{75} = \frac{(166.667)(913)}{75}$$

$$N_u = 2028.893 \text{ G.V.}$$

y dado que la potencia de accionamiento del ventilador es de 1900 Kw. y en base a los datos anteriores de las diferentes potencias calculadas, se hace el cálculo pertinente para obtener el valor de las eficiencias volumétrica y mecánica, quedando estas expresadas de la siguiente manera :

$$\eta_v = \left(\frac{Q}{Q + q_s + q_c} \right)$$

$$\eta_v = \left(\frac{10,000}{10,200} \right) = 0.98039$$

$$\eta = 98\%$$

$$\eta = \frac{N_i}{N_e}$$

$$\eta = \frac{2524.09}{2574.50} = 0.98$$

$$\eta = 98\%$$

ahora bien, la eficiencia total quedará por último -
con el siguiente valor

$$\eta = \frac{N_w}{N_a}$$

$$\eta = \frac{2028.89}{2574.50} = 0.788$$

$$\eta = 79\%$$

RECIRCULADOR DE GASES

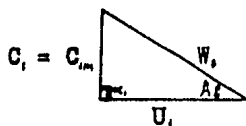
En este caso como en de tiro forzado la en
trada es radial y obviamente $C_{1u} = 0$ siendo los datos
los siguientes:

$$D_1 = 1360 \text{ mm} \quad ; \quad D_2 = 1660 \text{ mm}$$

$$b_1 = 0.56 \text{ m} \quad ; \quad b_2 = 0.36 \text{ m}$$

$$Q = 7600 \text{ m}^3/\text{min.} \quad ; \quad \beta_2 = 41^\circ$$

Tomando en cuenta la primera condición y -
en base a los datos anteriores se obtiene el triángu-
lo de velocidades de acuerdo a las condiciones de en
trada.



$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{(3.1416)(1.36)(1180)}{60}$$

$$\underline{\underline{U_1 = 84.027 \text{ m/seg}}}$$

$$Q = D_1 b_1 C_{1m} \pi$$

y dado que $C_{1u} = 0$,

$$C_{1m} = \frac{7600}{(3.1416)(0.56)(1.36)(60)}$$

$$\underline{\underline{C_{1m} = 52.94 \text{ m/seg.}}}$$

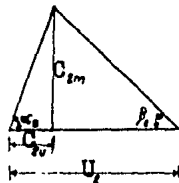
$$\tan \beta_1 = \frac{C_1}{U_1} = \frac{52.94}{84.027}$$

$$\text{tang } \beta_1 = 0.6300$$

$$\beta_1 = \text{angtang } 0.6300$$

$$\beta_1 = 32^\circ 10' \text{ ángulo de entrada del álabe}$$

Luego el triángulo de velocidades a la salida del rotor se obtiene por los siguientes cálculos :



$$U_2 = \frac{D_2}{D_1} U_1 = \frac{1660}{1360} (84.027)$$

$$\underline{\underline{U_2 = 102.56 \text{ m/seg.}}}$$

$$C_{2m} = \frac{D_1 b_1}{D_2 b_2} C_{1m} = \frac{(1.36)(0.56)}{(1.66)(0.36)} (52.94)$$

$$\underline{\underline{C_{2m} = 67.4684 \text{ m/seg.}}}$$

$$C_{2v} = U_2 - \frac{C_{2m}}{\text{tang } \beta_2} = 102.56 - \frac{67.4684}{0.8693}$$

$$\underline{\underline{C_{2u} = 24.9477 \text{ m/seg}}}$$

por lo tanto la presión teórica viene quedando

$$P_t = \frac{\gamma}{g} U_2 C_{2u}$$

$$P_t = \frac{1.2}{9.8} (102.56)(24.9477)$$

$$\underline{\underline{P_t = 313.302 \text{ mm c.a.}}}$$

además

$$\eta_h = \frac{P}{P_t} = \frac{300}{313.302} = 0.9575$$

$$\underline{\underline{\eta_h = 96\%}}}$$

El valor de la potencia interna lo tenemos

como sigue:

$$N_i = \left(\frac{Q + q_e + q_i}{75} \right) P$$

y tomando en consideración que $q_e = 0$ y $q_i = 2\% Q$

$$N_i = \left(\frac{7600 + 152}{75} \right) (313.302)$$

$$N_i = 539.7156 \text{ C.V.}$$

quedando la potencia útil de la siguiente manera :

$$N_u = \frac{Q P}{75} = \frac{(7600)(300)}{(60)(75)}$$

$$\underline{\underline{N_u = 506.67 \text{ C.V.}}}$$

y la potencia de accionamiento como dato del fabricante es de 550 Kw.

Las eficiencias de acuerdo a las potencias anteriormente calculadas podemos conocerlas con las siguientes fórmulas :

$$\eta = \left(\frac{Q}{Q + q_e + q_i} \right)$$

$$\eta = \left(\frac{7600}{7752} \right) = 0.98039$$

$$\underline{\underline{\eta = 98\%}}$$

$$\eta = \frac{N_i}{N_e}$$

$$\eta = \frac{539.72}{745.25} = 0.724$$

$$\underline{\underline{\eta = 72\%}}$$

y finalmente la eficiencia total da el siguiente va-

1 or:

$$\eta = \frac{N}{\bar{N}}$$

$$\eta = \frac{506.67}{745.25} = 0.6799$$

$$\eta = \frac{506.67}{745.25}$$

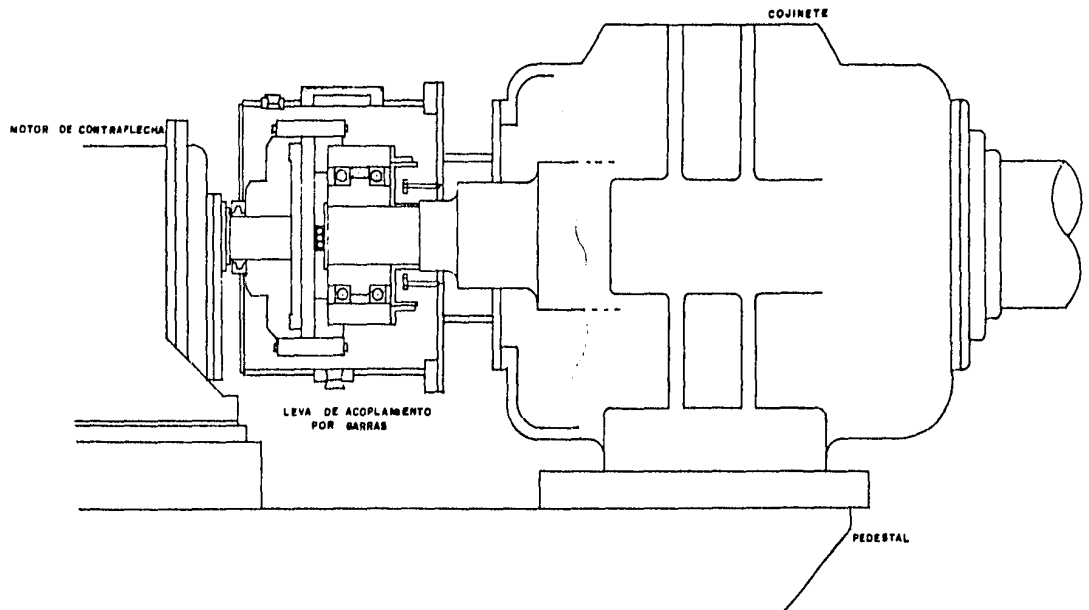
MECANISMO DE GIRO

(CONTRAFLECHA)

El mecanismo de giro está compuesto de mecanismo de transmisión y embrague y está directamente conectado a la flecha en el extremo opuesto al motor.

Cuando la energía suministrada al motor principal se interrumpe, la transmisión del mecanismo de contraflecha se acopla simultáneamente para girar a una velocidad normal de 25 r.p.m. (50 hz) o 30 r.p.m. (60 hz).- En este caso, el antes mencionado mecanismo conserva funcionando el ventilador durante un lapso determinado de tiempo, para evitar que la flecha se deforme por efecto de la deficiente lubricación, ya que el ventilador de recirculación funciona a una alta temperatura.

El mecanismo está provisto con anillos especiales de aceite, los cuales tienen ranuras en su cuerpo para facilitar la lubricación.- Antes de ajustar los anillos en su lugar, revise su circularidad:



TEMA SUSTENTADA POR: RICARDO PINEDA GONZALEZ	F.E.S.C.—U.N.A.M.
NOMBRE DE LA FIGURA: MECANISMO DE CONTRAPLECHA	

Cuando la frecuencia de la rotación de la flecha es mas alta que la velocidad de funcionamiento en el instante de arranque del ventilador, el embrague se desacopla automáticamente.- Así también cuando la temperatura en la envolvente esté abajo de 200 C, se interrumpirá el funcionamiento del motor del mecanismo de contraflecha.

En la mayor parte de los casos, el aceite de lubricación se suministra mediante la bomba de tornillo, la cual se encuentra situada dentro de la caja del embrague.- Sin embargo en el caso del sistema de lubricación forzada, la bomba de tornillo forma parte de la estructura de la misma caja.

BOMBA DE TORNILLO

La bomba de tornillo está montada en ca---
liente en la flecha del ventilador.- Durante el giro de la flecha del ventilador, la bomba inyecta el aceite por medio de la rosca, a los baleros y al embrague de fricción.-

Por lo tanto al instalar la bomba hay que poner especial atención a la correcta colocación de la espiral de dicha máquina y a la dirección de rotación de la flecha del ventilador, pues si se coloca la espiral incorrectamente el flujo de aceite seguirá un sentido inverso al que originalmente debería tener.

EMBRAGUE DE FRICCIÓN

Ambos extremos del cuerpo principal del embrague están provistos con baleros que soportan los anillos internos y externos, con la leva del embrague a la mitad.- Dicha leva está construída para transmitir el torque en una sola dirección.

Este mecanismo consta de dos anillos concéntricos con una serie de esferas que giran entre uno y otro anillo, cuando la velocidad aumenta en la flecha del motor auxiliar, dichas esferas por fuerza centrífuga tienden a acunarse con los dientes de la leva del anillo interno y la superficie interior del anillo externo, transmitiendo así el movimiento, has-

ta el ventilador, haciéndolo girar en sentido contrario al normal.

Hay que tener mucho cuidado en el manejo y limpieza del embrague de fricción porque es de un ajuste muy preciso, tanto como los anillos internos y externos, así mismo las reparaciones deben evitarse en lo posible, dándole un mantenimiento adecuado, pues es bastante difícil volverlo a montar.

ENGRANE DENTADO

Uno de los engranes se monta en caliente - en el anillo externo del cuerpo principal del embrague, del lado del ventilador y el otro en la flecha de transmisión de fuerza del lado del motor auxiliar. Dichos engranes están montados a una cierta distancia entre sí.- Este juego sirve para ajustar automáticamente las variaciones de longitud de la flecha del ventilador, causadas por el aumento de temperatura.

CADENA

La cadena de conexión de ambos engranes - dentados está diseñada para absorber ligeras desviaciones entre centros.- Además las elongaciones provocadas por la expansión térmica, son amortiguadas por la cadena cuando esta se desliza sobre la cara de los dientes del engrane del lado del ventilador.

Todos los mecanismos descritos anteriormente se encuentran cubiertos por una carcasa fundida en aluminio y dividida en dos partes.- El medidor de nivel de aceite, la mirilla de la cubierta, el termómetro y los tapones de relleno y drenaje de aceite, están montados en la misma cubierta.- Puesto que dicha cubierta se encuentra dividida en dos partes, todo el cuerpo puede ser fácilmente inspeccionado, removiendo la parte superior del mismo.

MANTENIMIENTO

I.-) Inspección diaria de operación.

1.- Inspección de la vibración en los cojinetes y su temperatura.

La vibración de los cojinetes se mide con un aparato y se obtiene un juicio del grado de vibración, por medio del tacto con la mano.- Esta comprobación de la vibración debe hacerse todos los días.-

Cuando una vibración anormal se detecta -- por medio de la mano, se mide con un vibrómetro y se controla a una vibración normal, como se muestra en los diagramas III-1 III-2.- La comprobación y registro de la temperatura de los cojinetes periódicamente, es de vital importancia, pues cuando dicha temperatura sufre un incremento excesivo, se hace necesario parar inmediatamente el ventilador para desmontar e inspeccionar el cojinete, ya que de lo contrario este podría dañarse.

**GRAFICA DE VIBRACIONES DEL VENTILADOR DE TIRO
FORZADO**

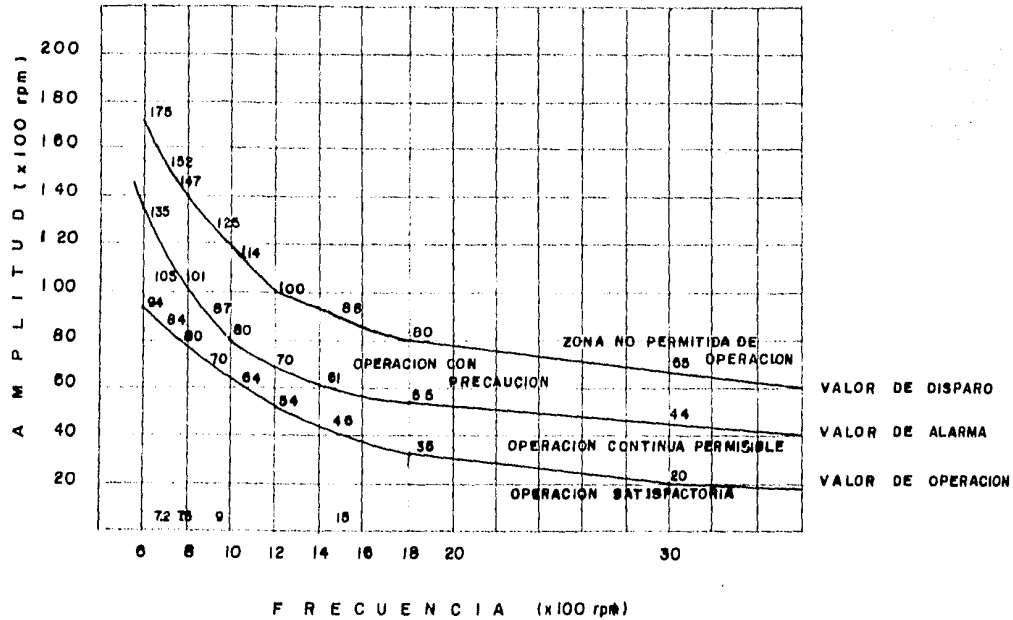


FIG. III-2

GRAFICA DE VIBRACIONES DEL VENTILADOR DE RECIRCULACION DE GASES

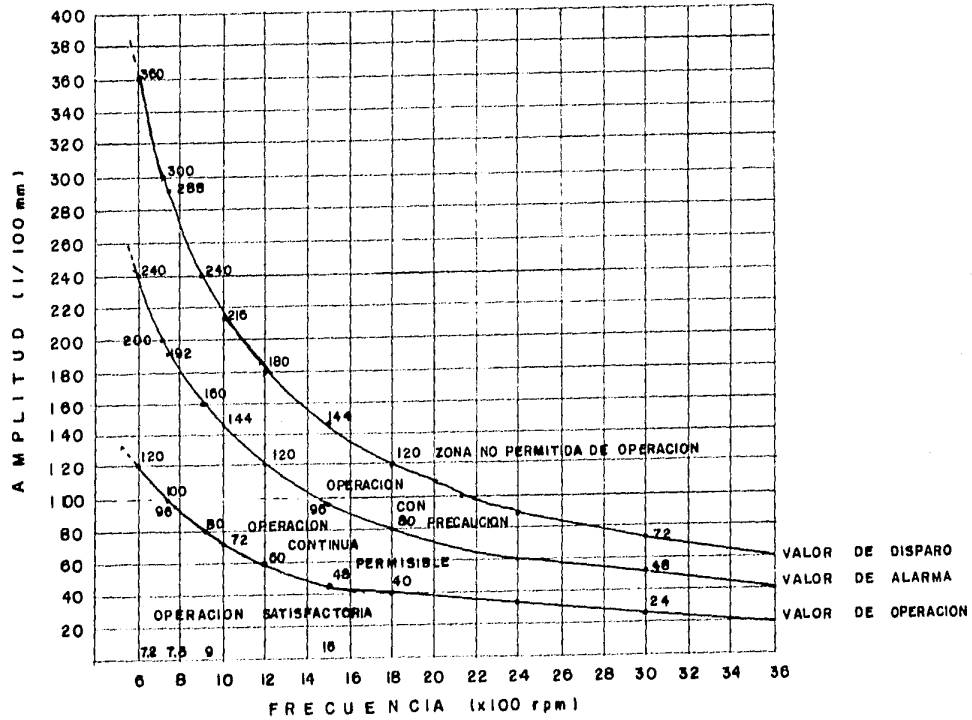
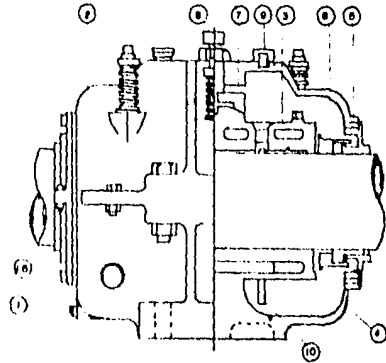
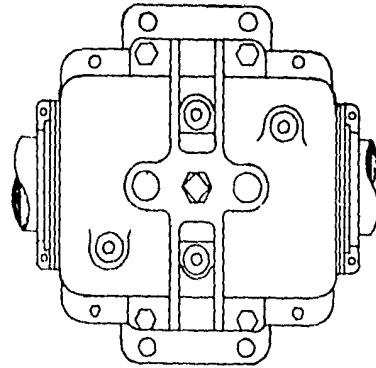
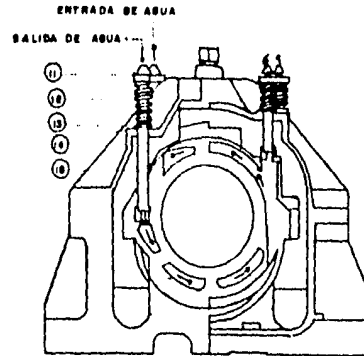


FIG. III-1



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1 SOPORTE DEL COJINETE | 9 HOYO DE RELLENO DE ACEITE |
| 2 TAPA DEL COJINETE | 10 RANURA DEL ANILLO DE ACEITE |
| 3 COJINETE SUPERIOR | 11 CUELLO DEL TUBO |
| 4 COJINETE INFERIOR | 12 RESORTE |
| 5 EXTREMO DE LA TAPA DEL COJINETE | 13 RONDANA |
| 6 COLLAR DE EMPUJE | 14 EMPAQUE |
| 7 SELLO ESFERICO | 15 TUBO |
| 8 TORNILLO DE AJUSTE | 16 NIVEL DE ACEITE |



TESIS SUSCENTADA POR
RICARDO PINEDA GONZALEZ
 NOMBRE DE LA FIGURA
 DETALLE DEL COJINETE

F.E.S.C. — U.N.A.M.

2.- Prevención de las fugas del agua de enfriamiento:

Si el agua de enfriamiento llega a mezclarse con el aceite de lubricación, este se emulsionará reduciendo gradualmente la eficiencia de lubricación, con la posibilidad de que se quee el cojinete.- Las fugas de agua de enfriamiento son causadas por un sellado ineficiente del tubo que la conduce, defectos en la resaca del mismo y condensación del agua en el tubo.

Las fugas pueden ser fácilmente detectadas por un cambio en el nivel de aceite del aparato medidor del mismo.- Por lo tanto hay que tener por regla comprobar el nivel de aceite diariamente.- Cuando hay una probabilidad de fuga de agua, hay que desmontar el tapón de drenaje inferior de los cojinetes y tener una pequeña cantidad de aceite en la palma de la mano, para comprobar si hay fuga de agua.-

Al pasar el agua de enfriamiento por el tubo, el empaque que sirve de sello de la cubierta o ca

ja de los cojinetes, es presionado hacia abajo por el resorte, se debe comprobar que este no esté flojo, -- pues de ser así el agua y el polvo penetrarían al interior.--

II.-) Reposición del aceite lubricante.

1.- Cojinetes.

3 meses después de la prueba de arranque -- se debe cambiar el aceite lubricante y posteriormente este se debe llevar a cabo cada año.

Para cambiar el aceite, abra el tapón de drenaje para vaciar el aceite y rellene con nuevo, -- por el hoyo superior.-- Siempre compruebe las condiciones del aceite, tales como: bajo nivel, amesquado de la calidad, emulsificación y mezclada con agua de enfriamiento, etc.-- El aceite se debe reemplazar de acuerdo a las anteriores condiciones.-- En el caso en que se deba cambiar el cojinete se hace necesario cambiar también el aceite.

2.- Embrague-

En la mayor parte de los casos, las fugas de aceite se dan por la cuerda del tapón de suministro de aceite o por el anillo dañado, el cual está sellando el centro de la caja de acoplamiento.- En el caso de conexión directa un incorrecto montaje del anillo en las ranuras de la caja de transmisión, puede provocar su daño o destrucción.- Cuando se observa que la cubierta del embrague tiene aceite adherido a su superficie, esto indica que existe una fuga, por lo tanto se necesita actuar de una manera rápida pues de no hacerle así el mecanismo del embrague de fricción se destruirá.

III.-) Reemplazo del cojinete de repuesto.

1.- Cuando el juego se hace mayor que 1.5 veces el máximo claro normal, es el momento de cambiar el cojinete.

2.- Para quitar el cojinete inferior se necesitan --

una serie de piezas de madera; estas se acomodan dentro de la caja de entrada de la carcasa y se coloca un gato hidráulico sobre ellas para elevar la flecha 0.5 a 1 mm hasta que el cojinete quede libre haciéndolo girar alrededor de la manivela para poder sacarlo.

3.- En el caso de una sola entrada del ventilador, - el centroide del ventilador está desviado hacia - el impulsor debido a su construcción.- Una reparación descuidada del cojinete del lado del motor - puede ser causa de problemas.- Asegúrese de fijar el impulsor dentro de la carcasa antes de efectuar la reparación.

IV.-) Desgaste y corrosión del impulsor y adherencia de materias extrañas.

1.- Si el grosor de las placas de los componentes del impulsor ha disminuido, debido al desgaste por partículas que lleve el gas o debido a erosión por ácido y se han dejado sin reparar, pueden ser causa de graves problemas; por lo tanto es necesario

chechar las condiciones progresivas y el rango de paradas prematuras para tomar la decisión más adecuada al caso.- Generalmente hablando, es difícil poner límites para esto, sin embargo es necesario tomar un curso de acción conveniente con alguna discrepancia permisible antes de que ocurran serios problemas.

LIMITE DE SERVICIO DEL IMPELENTE

- a) El grosor de las placas de los componentes (placas principales y álabes) es reducido en más de una 20% uniformemente.
- b) Cuando existen grietas en el cuerpo del impulsor y en la soldadura que une sus partes.
- c) Cuando el diámetro de la cabeza de los remaches se reduce en un 20%, así como en la alto de su asiento.
- d) Cuando el ancho de la soldadura sea menor que la mitad del espesor de las placas soldadas.

c) En el caso en que las placas de los álabes se hayan desgastado en un 30% del espesor original, -- (este caso es el límite de servicio de los álabes).

2.- Cuando un gran volumen de materias extrañas penetra en el interior de la carcasa, es muy probable que el impulsor tienda a trabarse provocándose con esto un aumento en la vibración del mismo. En este caso cuando la vibración excede la zona del valor de disparo de la figura III-2, el control automático hará que el ventilador se pare inmediatamente; una vez que esto ha sucedido se procede a extraer el polvo y demás materias extrañas. En el caso en que la vibración se encuentre dentro de la zona del valor de disparo, es recomendable efectuar una parada prematura ya que la máquina no debe operar con una vibración excesiva.

En el caso de otros ventiladores se usa aire a presión para limpiar el polvo, que se asienta gradualmente en el impulsor e incrementa la vi

bración.- En el caso de los ventiladores de tipo for-
cado es recomendable lavar el impulsor periódicamente.

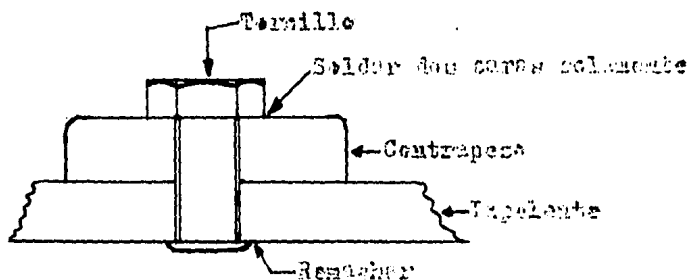
V.-) Ajuste del balanceo.

- 1.- El ajuste de balanceo se hace necesario cuando la vibración es grande, esta vibración se produce - por un excesivo e irregular desgaste y en base a' esto se debe reparar el impulsor y remover las - materias extrañas que se hayan adherido al mismo' aumentando con ello el desbalanceo.

Para balancear el ventilador debe operarse este y amplificar la señal del desbalanceo usando un vibrómetro con una lámpara estroboscópica, es' decir un equilibrador portátil.- Este método de balanceo se llama balanceo de campo, el cual requiere una alta compatibilidad de destreza y larga experiencia.- Si el operador es inexperto le tomará mucho tiempo el ajuste y además puede complicar - el procedimiento de ajuste.

Antes de proceder a efectuar el balanceo - debe confirmarse que la vibración es causada por dicho desbalanceo, pues las vibraciones pueden tener también otro origen.

Como normalmente se hace, el contrapeso se suelda a la placa del impulsor (en el caso de succión sencilla a la cara y placas principales).- Sin embargo dado que en muchos casos se utilizan materiales especiales como acero de alta resistencia, se recomienda fijar los contrapesos en su sitio por medio de tornillos, pues si no se toma en cuenta el tipo de material que se está manejando, la soldadura que une los contrapesos con el impulsor puede agrietarse.- Debe tomarse muy en cuenta la medida de los tornillos que se van a utilizar, y el grado de apriete a que van a ir sometidos.



Montaje de los contrapesos

2.- Límite de la frecuencia de arranques y paradas -
del motor eléctrico.

Dado que el motor eléctrico que se utiliza para mover el ventilador necesita una gran cantidad de energía eléctrica en el momento del arranque debe limitarse el número de veces que se deba arrancar dicho ventilador.- La mayor parte de los motores, usados para una gran medida de ventiladores son del tipo jaula de ardilla, el cual es capaz de arrancar inmediatamente después de energizarlo.- No obstante que la corriente nominal es relativamente baja, existe el riesgo de que el motor sufra daños por deformación de las barras del rotor y los anillos, debido al calor producido.- Para prevenir semejantes problemas, por lo regular se coloca una placa de aviso, para limitar la frecuencia de arranques.-

EJEMPLO DE AVISO :

___ Se permiten dos paradas bajo condiciones de enfriamiento

do, (tiempo requerido de enfriamiento 10 horas).

— Se permite un arranque después de operar con carga.

— Para arranques adicionales, arranque el motor después de operarlo con carga por más de sesenta minutos, u operar sin carga por más de cuarenta minutos, el tiempo de paradas debe ser mayor de noventa minutos.

— Dos avances son equivalentes a un arranque.

(Nota) el tiempo requerido por el medio refrigerante (10 horas), es el tiempo requerido para que se restauren las condiciones en frío, pero no la mitad de dicho tiempo ya que el motor no puede arrancar a menos que hayan pasado las 10 horas.

— En el ajuste de balanceo, el motor puede ser arrancado dos veces seguidas, pero el tercer arranque deberá satisfacer una de las siguientes condiciones :

- 1.- Cuando el motor para después de operar con carga por más de 60 minutos, después del segundo arranque se permite arrancar el motor por tercera vez.
- 2.- Cuando el motor para después de funcionar sin carga por más de 40 minutos, después del segundo -- arranque, un tercer arranque es permisible.
- 3.- El motor se podrá arrancar por tercera vez 90 minutos después de parar la segunda ocasión.- Repita el anterior procedimiento y después efectúe el cuarto arranque.

VI.-) Mantenimiento con operación en vacío.

Cuando el ventilador por alguna razón interrumpe su funcionamiento, debe porséle atención a los siguientes puntos.

- 1.- Prevención de la oxidación.

Cuando el ventilador se desocupa por un -

largo tiempo, se deben tomar las medidas pertinentes para prevenir la oxidación de los cojinetes, de acuerdo al procedimiento siguiente y al tiempo de suspensión.

En casos normales la prevención de la oxidación no se requiere para otras partes que no sean los cojinetes.

(Menos de un mes)

Entre en la envolvente una vez cada tres o cuatro días para hacer girar el impulsor por medio del motor eléctrico e llévelo a cabo poco a poco por medio del mecanismo de contraflecha, para formar una película de aceite lubricante en la superficie de la mangueta.

(Mas de un mes)

Desmonte el cojinete (la tapa superior solamente) drene el aceite de lubricación usado y aplique aceite antioxidante en toda la superficie interna de la tapa y toda la superficie del coji-

nete con una brocha para formar una fina película.

— Desde la mangueta hasta el collar de empuje son partes fácilmente oxidables, es recomendable desengrasarlas con gasolina o con thinner y aplique aceite antioxidante para asegurarse que haya una conveniente protección contra la misma.

— Después de montar el cojinete, monte la cubierta con una laminilla de PVC para protegerla contra la acción directa del agua y el viento.

— Revise la mangueta en la parte del anillo de soporte por medio de la mirilla de inspección que se encuentra en la cubierta de los cojinetes una vez al mes, cada dos semanas para verificar la efectividad de la prevención antioxidante.

En el caso de operación en vacío por un largo período, desmonte el cojinete una vez cada dos o tres meses para inspeccionarlo y al mismo tiempo, aplique el aceite antioxidante otra vez de acuerdo al

mismo procedimiento.- Puede ser necesario acortar el antedicho tiempo normal de acuerdo al clima, temperatura, humedad y otras condiciones del medio ambiente.

Varios aceites antioxidantes están disponibles en el mercado para usarse, clasificados por duración y propósito de prevención antioxidante.

3.- Otros.

El medidor de nivel de aceite se ensucia a lo largo del servicio, por lo tanto se debe sacar y limpiar de modo que el volumen de aceite pueda ser fácilmente inspeccionado.- Las piezas que están trabajando en el flujo de agua de enfriamiento suelen pegarse a la tubería algunas veces, debido al ensuciamiento, en estos casos séquelos y límpielas bien.- Cuando la indicación del termómetro de los cojinetes sufre una desviación, debe ajustarse durante la operación en vacío.

DEFECTOS Y REMEDIOS

VIBRACION EXCESIVA:

1.-) DESBALANCEO.- Una regular vibración a la par con las revoluciones es cuando la mayor parte de las veces por el desbalanceo. El balanceo inicial se revisará y ajustará en el momento de la prueba de arranque, sin embargo, en el curso de una larga operación, el impelente se desbalancea por corrosión o por desgaste de los álabes o en todo caso por adherencia por materias extrañas, todo esto origina la vibración: en este caso se debe lavar los álabes para remover completamente las materias extrañas o reparar para ajustar el balanceo.

2.-) INSUFICIENTE TORQUE DE APRIETE PARA AJUSTAR LOS TORNILLOS.

Si el torque para ajustar los tornillos de la tapa de los cojinetes es insuficiente, esto causa-

rá que el rodamiento sea instalable con herramientas y -- fuertes vibraciones.- En base a esto se debe revisar la posición de ajuste de los tornillos y quitarlos para inspeccionar los posibles daños en la rosca de los mismos, si existe una dificultad para apretar o aflojar por daño o rebabas de metal en la rosca, la resistencia por efecto de la fricción será también demasiada grande, con el inconveniente de un apriete insuficiente, debiéndose reparar la rosca defectuosa.- Después de repararla se debe apretar a las condiciones -- especificadas de torque.

La comparación de las nuevas posiciones de los tornillos de ajuste con los anteriores se hace necesario para tenerlos como referencia.- A continuación se debe revisar por la mirilla de observación -- que se encuentre en el centro de la taca para verificar que el sello esférico esté en la posición adecuada con la superficie esférica.

3.-) CONTACTO CON LAS PARTES ESTACIONARIAS:

Algunas veces la vibración puede incrementarse gradual o repentinamente por unos pocos minutos o media hora, después la velocidad habrá alcanzado el valor proporcional al del momento de arranque, esto es causado por la fricción de la flecha con las partes estacionarias.- Se debe parar inmediatamente el ventilador para reparar el daño que haya sido causado.

Usualmente las partes que vienen entrando en contacto son el laberinto de los baleros y la flecha, la envoltura y el sello de la flecha, el empaque del cuerpo principal del control de aire de entrada y la flecha, el impulsor y la entrada; debiéndose ajustarse el claro de estas partes a la tolerancia conveniente.

4.-) DESGASTE DEL FRENO:

Cuando hay una vibración irregular, sin embargo ésta no es muy grande o cuando en el momento de arranque se nota un ruido anormal o sacudida es necesario revisar el desgaste de la superficie de los --

dientes del acoplamiento de engranaje (embrague).

El desgaste es causado por una insuficiente lubricación del aceite, resultado de una fuga del mismo o por uso de un impropio lubricante.- Es recomendable llevar a cabo un completo control de lubricación, tal como prevenir las fugas de aceite y usar el lubricante adecuado.

Cuando el desgaste en los dientes está muy avanzado es el momento de decidir si se reemplaza el embrague; en algunos casos, es posible usarlo temporalmente en caso de necesitar después el girador, -- siendo rectificado lo mejor que sea posible.

5.-) FALLAS EN LA CIMENTACION:

En el caso de que la cimentación esté suelta, se puede detectar por los ruidos y las vibraciones en el bancanete.- En el caso en que la cimentación sea impropia para una carga dinámica, se debe ver que la relación que existe entre las vibraciones

y la elevación de la cimentación del pedestal de cojinetes al centro de la flecha sea la adecuada.

Si el ventilador no puede ser parado, por estar en servicio se debe reforzar la cimentación como medida temporal; sin embargo se deberá instalar una nueva cimentación lo más pronto posible.

En general la amplitud total de las vibraciones de la cimentación, no deberá ser mayor que --
5/1000 mm.

VII.-) SOBRECALENTAMIENTO DE LOS COJINETES:

1.-) ENTRADA DE POLVO O MATERIAS EXTRAÑAS.

Se debe revisar a través de la mirilla de la tapa de los cojinetes si el aceite se encuentra contaminado, con partículas producto de la abrasión. Se debe desmantelar el cojinete inmediatamente, para pulir la mangueta hasta dejar una superficie tersa y reemplazar el cojinete dañado con uno de repuesto.

2.-) ADULTERACION DEL ACEITE CON AGUA.

Esto puede ser juzgado por el cambio en el nivel de aceite (el nivel asciende por encima del nivel normal) e decoloración del mismo.

También este caso se da cuando el agua penetra en ese lugar debido a que la rosca del tubo del agua de enfriamiento se haya agrietado, también por condensación causada por el agua fría de la fuente de alimentación, cuando usada o derramada por una falla del empaque que sirve de sello en el lugar donde el tubo penetra a la cubierta del cojinete, el aceite se contamina y la eficiencia de lubricación decrece bastante, resultando en consecuencia un sobrecalentamiento y por ende la quemadura de los cojinetes.

Se debe tomar la solución más adecuada dependiendo de las causas que hayan originado la fuga de agua y reparar o reemplazar el cojinete.

3.-) ENFRIAMIENTO INSUFICIENTE.

Los rodamientos son usualmente enfriados por agua.- Si la proporción del flujo de agua de enfriamiento no es lo suficientemente alta, los cojinetes se sobrecalentarán.- En este caso se debe revisar el interior y aumentar la proporción del flujo de agua.

4.-) LUBRICACION INSUFICIENTE DE ACEITE.

Los rodamientos también pueden dañarse a causa de un bajo nivel de aceite, pues al faltar la lubricación los cojinetes tienden a pegarse por efectos de la fricción y para evitar esto debe revisarse el nivel periódicamente y de acuerdo a las causas que hayan originado la fuga efectuar la reparación correspondiente.

5.-) ANILLO DE ACEITE DEFECTUOSO.

Cuando el anillo de aceite se deforma y no gira bien, el suministro de aceite decrece y el cojinete se sobrecalienta.- Especialmente en el caso del'

ventilador que maneja gases de alta temperatura con mecanismo de control de flujo, se debe pagar especial atención al anillo de aceite, porque es difícil para el mismo girar debido a las bajas revoluciones que van de 25 a 30 r.p.m. cuando está funcionando.

En el caso en que el anillo de aceite se ha deformado se debe reparar, hasta obtener una redondez que no debe ser mayor que 0.5 mm.

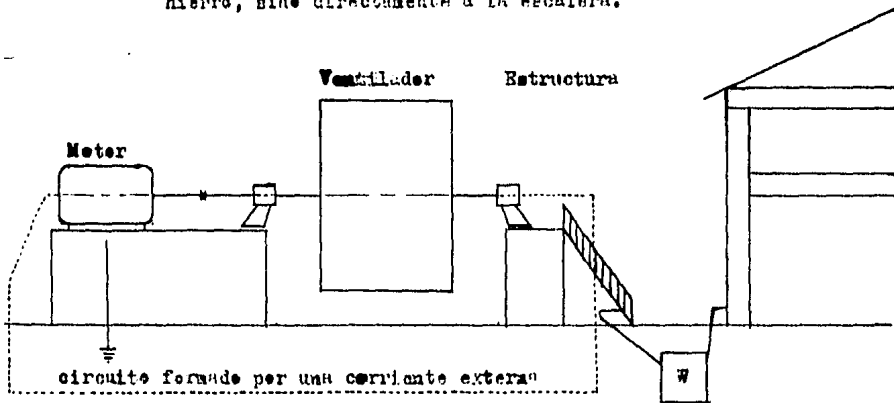
6.-) DESBALANCEO DEL CIRCUITO MAGNETICO PRODUCIDO EN LA FLECHA POR EL VOLTAJE DEL MOTOR.

El desbalanceo del circuito magnetico es causado por una grieta en el núcleo del estator, así como el desbalanceo provocado por el ventilador de aire en la dirección axial, los tornillos de ensamble del núcleo y el desajuste de las estrías, de la flecha excéntrica del rotor y finalmente por el desbalanceo que pueda producir un desigual flujo de aire.

La figura III-3, muestra un ejemplo de por

turbaciones causadas por corrientes externas, este es, tierra defectuosa por el trabajo de soldadura.-La cimentación del motor está correctamente aterrizada, pero la del lado del ventilador no lo está; en consecuencia cuando la máquina de soldadura eléctrica, es aterrizada al pedestal del cojinete o el pasamanos de la escalera, se forma un circuito como el que se ilustra más adelante y se quema la manqueta del cojinete.- Para más seguridad se debe instruir debidamente al personal de montaje.

Al contrario, cuando el pedestal del cojinete está siendo soldado al pasamanos de la escalera, no se debe aterrizarse la máquina a otra estructura de hierro, sino directamente a la escalera.



7.-) EXCESIVO APRIETE DE LOS TORNILLOS DE AJUSTE.

Si los tornillos de ajuste se encuentran - más apretados que como marca las especificaciones de torque, la parte superior del cojinete se deformará - por efecto de la presión hasta eliminar el espacio libre entre superficies e incrementará el calor debido a la fricción, el cual resultará en una alta temperatura o quemará los cojinetes por efecto del contacto de metal con metal.

VIII.-) CONTROL DE AIRE DEFECTUOSO.

El agarrotamiento del control de aire a la entrada del ventilador se debe principalmente al polvo o suciedad que penetra en las partes deslizantes.- Se debe remover los tornillos de unión del empaque del collarín (también llamado anillo de contención) el cual va colocado en el extremo del mecanismo de control de los álabes.- Una vez hecho esto se debe reparar el lado deslizante del anillo de operación y aplicarle grasa, después el empaque del collarín debe --

ajustarse y medir el juego existente entre dicho anillo y el anillo de operación en la dirección axial, - además verifique que el juego en la circunferencia de dicho anillo sea de 0.5 s. lra.- En caso de que el juego no sea el adecuado inserte una lámina entre el mecanismo de control y el empaque del collarín, hasta obtener el juego deseado.- Después opere el mecanismo - manualmente y compruebe que se mueva suavemente.

IX.-) INSPECCION Y REPARACION DE DETALLES EN INSPECCIONES PERIODICAS.

Es de vital importancia llevar a cabo inspecciones y reparaciones periódicas (usualmente llamadas paradas de trabajo periódicas) del ventilador, como en el caso de cualquier otro equipo rotativo, en su vez la diaria inspección y mantenimiento llevados a cabo en su debido orden son requeridos para que la ejecución se traduzca en una continua y suave operación.- En el lapso de tiempo en que se lleva a cabo las inspecciones periódicas se debe revisar si es necesario las partes del equipo que se son revisadas o reparadas diariamente.

INSPECCIONES PERIODICAS QUE DEBEN

LLEVARSE A EFECTO

1.-) ENVOLVENTE.

- a) Después de lavar el interior de la envolvente, se debe revisar las condiciones en que se encuentra - la carcasa, las líneas de unión de la envolvente, los soportes tubulares interiores y de la entrada para asegurarse que estén en condiciones de servicio útil hasta que se lleve a cabo la próxima inspección.

- b) Las deformaciones y grietas producidas por un mal funcionamiento del ventilador deben repararse inmediatamente, pues de no hacerlo así dichas partes - pueden romperse o deformarse más afectando a otras piezas del equipo.

- c) Así también se debe revisar las tuercas y tornillos que se encuentren flojos y que vayan uniendo alguna parte de la envolvente para apretarlos adecuadamente.

d) Debido a que el aire trasegado acarrea tierra y hu-
medad con el tiempo se hacen acumulaciones de di-
chos elementos dentro de la cámara y puesto que -
la humedad y la tierra producen corrosión en el me-
tal deben retirarse periódicamente.

2.-) IMPULSOR.

a) Revisión del desgaste y corrosión del impulsor.- A
la par del lavado del interior y exterior del im-
pulsor, se debe cepillar y revisar las condiciones
de los componentes del mismo (álabes, unión de los
álabes, placas y remaches principales, etc.) y -
confirmar que se encuentren en buenas condiciones -
hasta la próxima inspección.- El desgaste se debe
a la fricción entre la tierra que acarrea el aire
y los álabes del impulsor y la corrosión por efec-
to de la humedad.

b) Así también se debe comprobar la existencia de de-
formaciones o grietas en los componentes del impul-
sor y los contrapesos, en las partes que van solda-
das.- Las grietas se pueden detectar con limaduras
de hierro o colorantes.

c) Se hace necesario también comprobar que los reanaches se encuentren apretados y que las aberturas y traslapes a la entrada del ventilador sean las normales.- Comprobando también si el diámetro de la flecha ha sufrido una reducción en sus dimensiones por efecto del desgaste o corrosión.

3.-) COJINETES.

La revisión de los cojinetes es de primordial importancia pues si el juego que existe entre el tope del cojinete y el collar de empuje no es el adecuado esto se puede traducir en un agarrotamiento entre dichas piezas; además de que el desgaste producido entre el cojinete y la mangueta por efecto de la fricción debe repararse y revisar que el agua de enfriamiento se encuentre en su nivel adecuado dentro de la camisa de agua. - Los rayones en el tubo de agua de enfriamiento deben repararse inmediatamente, pues estos con el tiempo pueden provocar fugas de agua disminuyendo con esto la calidad del aceite de lubricación, es

to se comprueba fácilmente con una simple observación del medidor de nivel.- También se debe realizar una inspección de los terrillos que van asegurando la tapa del cojinete y verificar que lleven el torque adecuado.

4.-) BALERO DE RODILLOS.

La limpieza e inspección de los baleros de rodillos es completamente indispensable pues los rayones que puedan tener pueden ocasionar con el tiempo daños en la pista, además se debe reponer con frecuencia el aceite o grasa que lo lubrica.- La cámara de agua se limpia inyectando aire a presión dentro de ella.- Debido a que los baleros que se utilizan en este caso deben llevar un ángulo de colocación específico cada vez que se lleve a cabo la inspección debe rectificarse, debido a que durante su funcionamiento el desgaste y la vibración lo hacen variar.

5.-) ENBRAGUE.

El embrague es un mecanismo que funciona continuamente, y en consecuencia necesita moverse periódicamente y comprobar el desgaste de la superficie de los dientes, así como reponer el aceite lubricante y asegurarse de que los tornillos de ajuste estén correctamente apretados y comprobar que el anillo-o se encuentre en buenas condiciones, esto es que no esté rayado.

6.-) SELLO DE LA FLECHA.

Se debe inspeccionar también que el collar no haya sufrido una abrasión excesiva y verificar el movimiento del mismo en la dirección axial; El juego existente entre el sello del laberinto y el collar de sello de la flecha debe ser el adecuado, limpiando o reparando el filtro y la línea del collar de aire.

7.-) MECANISMO DE CONTRAFLECHA.

- a) Después de mover el embrague de fricción se debe girar el anillo externo para verificar la existencia de ruidos o rechidos provocados por desgaste.

- b) Dentro de la inspección de estos mecanismos es de primordial importancia comprobar los daños sufridos en la cadena y el desgaste de los engranes dentados.
- c) Debido a las expansiones térmicas sufridas por la bomba de tornillo debe existir el suficiente juego entre ésta y la parte posterior de la caja para poder absorber dichas expansiones, ya que si hay señal de raspaduras en alguno de estos elementos, - este indica que la tolerancia se ha reducido por alguna causa y se debe remediar inmediatamente.
- d) Se debe comprobar la existencia de fugas de aceite y el deterioro del sello del mismo y comprobar que los tornillos de ajuste estén correctamente apretados.

3.-) MECANISMO DE CONTROL DE ENTRADA DEL AIRE.

En este mecanismo se debe inspeccionar el desgaste sufrido por el manubrio, el seguro del mismo

y los seguros y bujes de la coacción de la varilla, - reparándolos o reemplazándolos según sea el caso.

Se debe rellenar de grasa el tubo donde va la flecha y suministrar aceite a cada parte en operación y rotación, y además comprobar que el juego entre el anillo de operación y el empaque del prensaestopas (retén) en la dirección axial sea el adecuado (0.5 a 1 mm).

Una vez hecho todo lo anterior se debe comprobar que la apertura e cierre de los álabes sea suave sin rechinidos, operando el mecanismo a mano y verificar que la apertura de los álabes guía y el ángulo de rotación de la palanca de operación de la flecha estén ajustados adecuadamente.

9.-) MECANISMO DE CONTROL DE LA COMPUERTA.

Por lo regular el desgaste de este mecanismo es mayor en las paletas u obturadoras y en la estructura del mismo debiéndose comprobar visualmente -

su grado de desgaste y asegurarse que los seguros y rodillos de los baleros de cada parte que se encuentra en rotación y conexión estén en buen estado.

Debido a las condensaciones dentro de los cojinetes estos deben revisarse para comprobar que no se hayan enmohecido, desgastado o quemado y en el caso en que el daño sea grande reemplazarlos.- El sello que lleva la flecha tiene un empaque para evitar las fugas de aire si este se encuentra deteriorado se debe reemplazar, lubricando además las partes giratorias y comprobar manualmente que los obturadores de la compuerta cierran o abran suavemente sin rechicados, observando que dichos obturadores al funcionar no toquen la estructura formada por la compuerta.

10.-) La cimentación del equipo es de primordial importancia pues de no estar correctamente construida este último sufrirá serios daños, debido a que las vibraciones aunque sean mínimas provocadas por el sistema aflojan los tornillos y por lo tanto se debe verificar su holgura.

CAPITULO III

PRECALENTADOR DE AIRE REGENERATIVO LJUNGSTROM

Como trabaja el precalentador Ljungstrom:

El precalentador de aire absorbe el calor remanente del flujo de gases, después transfiere este calor a la entrada de aire frío por medio de una rotación continua, los elementos que transfieren el calor están formados de placas de metal.

Miles de estos elementos altamente eficientes están espaciados en un arreglo compacto dentro de un compartimiento formado por espejos y una cubierta cilíndrica dividida radialmente, llamada rotor. El alojamiento circundante del rotor está provisto con conexiones para los ductos en ambos extremos y está adecuadamente sellado por las partes de sellos radial y circunferencial de forma que pase el aire a través de una mitad del precalentador y el gas a través de la otra.

Como el rotor gira lentamente la masa que constituye los elementos pasa alternativamente a través del gas y el aire, el calor es absorbido por la superficie de los elementos pasando a través del flujo caliente de gas, después como estas mismas superficies pasan por el lado del aire suministran el calor abundantemente, la temperatura del aire por este motivo se incrementa grandemente para pasar enseguida al proceso de combustión.

ELEMENTOS DE CALENTAMIENTO

Descripción:

Los elementos de calentamiento están colocados en un arreglo compacto formado por láminas de metal contenidas en el rotor en dos o más capas.-Los elementos encanastados en el extremo frío, cuando el aire es admitido y el flujo de gases es descargado, pueden ser removidos a través de una puerta de acceso en la carcasa del precalentador de aire sin causar trastornos en el sello u otros componentes del precalentador.- Cuando una orilla de los elementos -

del extremo frío ha adelgazado aproximadamente una tercera parte de su grosor original, las canastas pueden ser invertidas para prolongar la vida de los elementos.

BALEROS DEL ROTOR

El rotor del precalentador de aire es soportado por un balero de empuje Kingsbury a través de un muñón atornillado al poste eje del rotor de la parte inferior del precalentador.- Este es un balero radial que se incorpora en el soporte del mismo, la carga radial resultante de la presión diferencial pasa a través del precalentador.

El soporte y la guía del balero son suministrados con un sistema de circulación y filtro de aceite.- Cuando se requiere enfriar el aceite se incorpora un enfriador del mismo en el sistema de circulación.- En la parte superior del rotor va un balero que le sirve de guía al eje del rotor aparte de soportar las cargas axiales.

IMPULSOR

Descripción:

La fuerza conductora para hacer girar el rotor es aplicada en su periferia.- Una cremallera - montada en la carcasa del rotor es engranada por un piñón de ataque a la baja velocidad de la flecha debida al reductor de velocidad o caja de transmisión del motor.

MOTOR AUXILIAR

El motor de aire es un equipo opcional como un conductor auxiliar para el precalentador.

Este conductor asegura la continua operación del precalentador, aún cuando la fuerza del motor eléctrico es interrumpida.

El motor de aire también puede ser usado para controlar la velocidad del rotor durante el lavado con agua de las superficies de calentamiento.-'

La unidad conductora está equipada con una extensión (flecha) auxiliar de alta velocidad, esto permite la instalación del motor de aire en cualquier momento, así como su acoplamiento en el momento requerido.

SELLO DEL ROTOR

Descripción:

El sello está provisto en ambos extremos del precalentador para minimizar las fugas entre el lado del aire y el lado del gas.

El sello radial está colocado en cada diafragma del rotor y es ajustado al juego especificado de los espejos, los cuales separan los flujos de aire y gas.

El sello circunferencial está asegurado a la periferia del rotor y es ajustado al juego necesario del sello circunferencial de la superficie en la placa de conexión.

AJUSTE

El sello del rotor cuando es convenientemente ajustado para un claro con las superficies estacionarias, apenas tocará dichas superficies bajo la temperatura de operación.- Si el borde del sello toca en algún punto, perderá su nivelación y sufrirá daños adicionales tocando en otros puntos.

MECANISMO DE LIMPIEZA

Simpleó doble boquilla o pulverizador.

El mecanismo de limpieza consiste en un motor eléctrico acoplado a una caja de transmisión con mecanismo de manivela o cigueñal el cual hace oscilar, el colector de la lanzadera cargando el tubo de la boquilla.

El medio de limpieza es conducido a través del colector de la lanzadera y el tubo de la boquilla, hasta el extremo de la misma.

Una junta giratoria en la línea de suministro permite un libre movimiento del colector de la lanzadera temporalmente conectada a la fuente de suministro.

El arco recorrido por la boquilla y el giro del rotor expone toda el área del mismo a la acción del chorro de limpieza.

Para mantener la cantidad de aire deseado a presión de vapor en la boquilla, se provee de una placa perforada reguladora, en la línea de suministro.

Si es usado vapor las conexiones de drenaje están recomendadas en el arreglo de la tubería para eliminar el condensado del sistema; temporalmente el mecanismo funciona en vacío justamente antes de ponerse en servicio.

SOPLADORES DE HOLLIN MULTIBOQUILLA

El equipo de limpieza está provisto con - estos sopladores consistentes en una o dos tuberías' de boquillas estacionarias teniendo un número de boquillas espaciadas para asegurar una adecuada cobertura de las superficies de calentamiento.

LAVADO CON AGUA

- 1.-) Equipos.- Use dos tubos lavadores multiboquilla de alta penetración una en el lado caliente y - la otra en el lado frío con las siguientes recomendaciones de presión y flujo: presión a la entrada del mecanismo de lavado 75 psig porcenta-je de flujo 580 gpm.

- 2.-) Procedimiento de lavado.- La frecuencia y dura-ción requeridas para lavar depende de la insta-lación en particular y puede ser determinada solo por la experiencia.- Si es necesario disminu-ir la cantidad de agua que pasa al lado opuesto del precalentador durante el servicio de lavado reduzca la velocidad del rotor a aproximadamen-

te 1/4 de rpm. con un motor auxiliar.

Inspeccione las tolvas de drenaje antes de lavar para asegurarse que los orificios no estén tapados.

Temperatura del agua.- Usualmente los depósitos son más solubles en agua caliente, por lo cual es ventajoso calentar el agua de lavado.- Sin embargo a causa de la gran cantidad de agua requerida esto no es obligatorio.

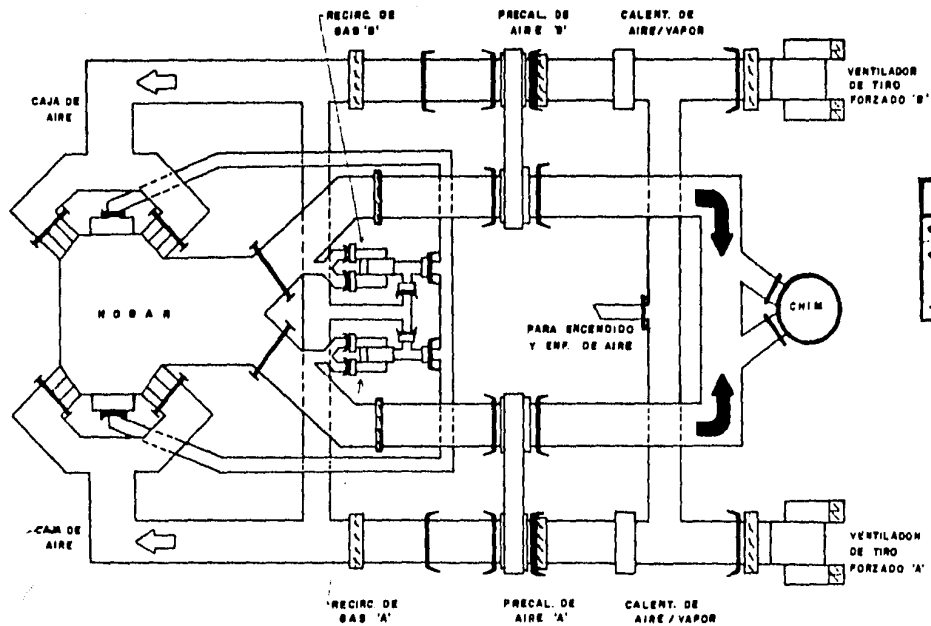
Continúe el lavado hasta que la inspección revele que todos los elementos calentadores están limpios.- La inspección puede ser tan completa como sea posible, dado que cualquier depósito remanente después del lavado puede ser calcinado en los elementos y generalmente llegan a ser insolubles cuando el precalentador es retornado al servicio.

Cuando se halla completado el lavado asegúrese que el agua de suministro sea completamente -

interrumpida y la afluencia del lavado eliminada de los ductos adyacentes y sifones de drenaje, así como también el rotor del precalentador y las superficies de calentamiento estén secas, antes que el precalentador retorne al servicio.

D U C T O S

Este sistema comprende los ductos de aire' de alimentación, recirculación de gases y salida de' gases.- Estos ductos llevan soportes tubulares den--tro de ellos con orificios en los mismos con el fin' de que no se vayan a destruir por efecto de la expan--sión de los gases dentro de dichos soportes, además' tiene juntas de expansión que absorben como su nom--bre lo indica las dilataciones causadas por la tempe--ratura del gas, otros accesorios son, los candados y las placas deflectoras; los primeros mantienen la --forma del ducto a pesar de las expansiones térmicas' y las placas deflectoras le dan dirección al aire pa--ra disminuir las pérdidas de forma en lugares donde' se sufre un brusco cambio de dirección.- El aire cir--cula al principio por una sección de area constante' la cual cambia a una area mayor cuando el aire pasa' por el calentador de aire con vapor y aumenta más al pasar por el precalentador de aire regenerativo Ljus--trom, este cambio en la sección del ductose debe ló--gicamente a que el aire se expande ocupando un mayor



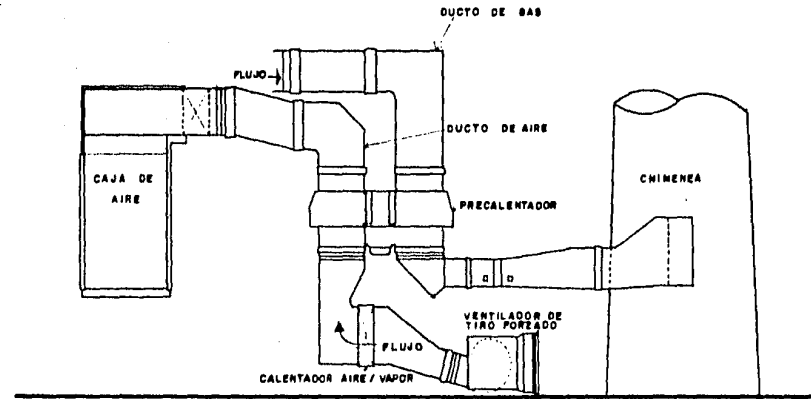
SIMBOLOGIA	
←	FLUJO DE AIRE
←	FLUJO DE GAS
⌞	BLOQUEO TEMPORAL
- - -	COMPUERTA

TEMA SUJETADA POR: RICARDO PINEDA GONZALEZ	F.E.S.C. — U.N.A.M.
NOMBRE DE LA FIGURA: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA	

volumen al recibir un incremento en su temperatura.- El caudal se controla por medio de compuertas las -- cuales son accionadas por aire comprimido.- El peso' de los ductos lo reciben los soportes que son de re- sorte y de balancín, los de resorte se ubican en zo- nas de menor peso y los de balancin en los de mayor' peso.

Los ductos de gases que se encuentran des- pués del precalentador tomando como referencia el -- sentido de flujo de los gases hasta llegar a la chi- menea, van sobre una estructura la cual lleva unas - placas deslizantes igual que el ducto para que el -- mismo tenga libertad de movimiento en dirección de - su eje axial, evitando así los esfuerzos a que se ve ría sometido el mismo si estuviera soportando rígida- mente, o el desgaste o desgarradura del piso del mis- mo si no tuviera esas placas deslizantes.

Los gases pasan a través del economizador' aumentando la temperatura del agua que entra en la - caldera y consecuentemente aumenta la eficiencia de' la misma, después los gases al pasar por el precalen



TESIS SUSTENTADA POR: RICARDO PINEDA GONZALEZ	F.E.S.C. — UNAM.
NOMBRE DE LA FIGURA SISTEMA DE ALIMENTACION DE AIRE	

tador ceden otra vez parte de su calor al aire de --
alimentación que va utilizarse en la combustión den-
tro del hogar, la pérdida de calor de los gases debe
ser controlada pues de no ser así se corre el riesgo
de que se formen acidos corrosivos debido al azufre'
y al vapor de agua de los gases de combustión ya que -
al bajar la temperatura hasta un punto en que el va-
por de agua se condense, esta agua se combina con --
los anhídridos de azufre formando acidos que destrui-
rían esa parte del ducto.- Los ductos tanto los de -
gases como los de aire tienen drenajes en los puntos
donde el fluido sufre un cambio repentino de direc-
ción, precisamente bajo el precalentador de aire con
el fin de drenar los residuos resultantes del lavado
del precalentador, asimismo la temperatura de los ga-
ses es necesaria para una mayor capacidad ascencio-
nal.

Dichos ductos anteriormente mencionados es-
tán elaborados en dibujos con diferentes vistas y --
clasificados en blocks numerados y en orden alfabéti-
co.- Para poder armarlos se trasladaron los paquetes
de placas por medio de grúa y un camión con hiab y -

una vez en el lugar adecuado se prearmaron por medio de tornillos pasando inmediatamente después los paíleros para conformar y alinear dichos blocks con el fin de mantener la forma a las condiciones especificadas en los planos y enseguida se procedió a soldar los tanto en las uniones de las placas como también los tornillos, esto con el fin de tener herméticamente cerrado el cuerpo de estos elementos para evitar fugas de gases, una vez que iban siendo armados los blocks se trasladaban al lugar de su acoplamiento definitivo, debido a la dificultad de maniobrar con ellos en la caldera se usaban indistintamente grúa o malacate, quedando parcialmente colgados con estrobos mientras se procedía a acoplarlos y sostenerlos con sus soportes definitivos.- Hubo partes difíciles de armar especialmente la caja de viento, puesto que las placas que la forman no venían en la medida especificada, sino un poco mas grandes habiendo tenido que forzarlas jalandolas hacia adentro con tensores y gatos hidráulicos soldando posteriormente las juntas, obviamente estas partes soldadas se vieron sometidas a esfuerzos internos pero esto no fue causa de problemas ya que dichos esfuerzos desaparecieron una

vez que el generador entró en funciones debido a que la temperatura de funcionamiento del hogar disipó - los esfuerzos.- Antes del izaje de los blocks se procedió a planear el orden de izaje de los mismos y de sus partes internas, esto con el fin de evitar armar y desarmar los blocks por causa de una inadecuada se cuencia de armado.- Las partes que van unidas al hogar tales como la caja de viento y la línea de balun ceo están dobladas, en su punto de unión estas partes dobladas cumplen con la función de absorber las dilataciones debidas al calor generado dentro del hogar ya que si los ductos no llevaran esos dobleces, los soportes se sobrecargarían y el equipo aledaño a ellos sufrirían compresiones o tracciones que ocasionarían serios problemas, aparte de esto los candados cumplen con la función de mantener la forma de los ductos ya que adhieren firmemente las paredes de estos al buckstay, armazón que sirve también para darle forma a las paredes del hogar.- Las juntas de expansión que llevan los ductos para absorber las expansiones son de acero inoxidable, también ya que de no hacerse así los cordones de soldadura para acero al carbono fallarían al verse sometido a esfuerzos -

una vez que el sistema entrara en funciones.

Una vez armado todo el conjunto del sistema de ductos se procede a taponar lugares estratégicos - de los mismos o se puede hacer esto a la par del armado, esto se hace con el fin de probarlos por tramos, a esta prueba se le denomina prueba de hermeticidad - que consiste en inyectar aire a presión dentro de los ductos jabonandolos previamente por fuera para detectar fugas en los mismos, la presión a la que se prueban es generalmente la misma a la que se prueba conjuntamente con parte de los ductos, únicamente los ventiladores y el precalentador de aire regenerativo Ljustrom no se les hace prueba de hermeticidad.

CONCLUSIONES

La aplicación de los ventiladores es muy extensa en el ramo de la industria, el presente trabajo da una idea de una de esas innumerables aplicaciones, aquí en particular en la producción de energía eléctrica, ya que en el sistema de ventiladores de tiro forzado es muy importante en el proceso de la combustión que se lleva a cabo dentro del hogar de la caldera, y de los ventiladores de recirculación de gases que proporcionan un mejor tiro en el flujo de los mismos y una combustión más completa de la mezcla aire-combustible.

Un mantenimiento preventivo realizado minuciosamente reduce al mínimo el riesgo de fallas que podrían ocasionar un paro de la producción con un costo elevadísimo tomando en cuenta también el costo de las reparaciones y refacciones del equipo dañado ya que la mayor parte de estos son importados. Un correcto montaje en conjunto con la cimentación puede evitar serios problemas de vibración y rotura en la maquinaria y en los ventiladores, debido a esto se supervisa de una manera relevante el montaje correcto del equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En este escrito se ha tratado de dar una -
visión general sobre el funcionamiento de los ventiladores
centrífugos para pasar después a una descripción so
bre el funcionamiento y características técnicas de los
ventiladores utilizados en la planta a la que hicimos -
referencia al principio de esta obra, señalando también
a los diferentes equipos auxiliares del sistema como --
son: precalentadores de aire y ductos explicando de una
manera somera su función dentro del sistema ya mencionado
..Esto es de particular importancia ya que un conocim
iento del equipo y de su funcionamiento facilita en --
gran manera la detección de fallas en el mismo y una -
aplicación más correcta y minuciosa del mantenimiento -
que se le debe dar a los mecanismos que integran cada -
parte del mismo.

Como se ha visto en la sección de cálculos'
el tipo de máquina que se ha mencionado en este presente
trabajo es altamente eficiente, esto se debe principal
mente a las características de construcción, en sí -
esta máquina es muy eficiente como generalmente sucede'
con los ventiladores, pero el perfil de ala de avión -
del álabe del rotor le proporciona un empuje adicional'

esto se debe a las diferentes velocidades que se crean en las dos caras del álabe, siendo mayor la velocidad' en la cara frontal que en la posterior y en consecuencia también las presiones varían siendo menor donde la velocidad es más alta ocasionando con esto un moviente en dirección de la velocidad tangencial "U", esto - aumenta altamente la eficiencia del sistema, como ya - anteriormente se mencionó.

Los ductos por los cuales circulan el aire y los gases producidos por la combustión son también - bastante eficientes, el único problema que tienen es - el ruido generado por la circulación del fluido dentro de ellos, esto se debe a las enormes dimensiones que - dichos ductos tienen, esto podría remediarse disminu--yendo la velocidad de los gases dentro del sistema, pe-ro además tendría que cambiarse el ventilador por otro que tuviera mayor potencia, suficiente para vencer las presiones que se generarían dentro de los ductos y por supuesto aumentaría el costo del equipo, estos ductos' por ser de sección cuadrada y tener deflectores en los codos permiten que el fluido circule con pérdidas mínimas de fricción y de forma.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- LA PRODUCCION DE ENERGIA MEDIANTE EL VAPOR DE AGUA
EL AIRE Y LOS GASES
W.H. SEVERNS 1976
REVERTE S.A. 5a. EDICION

- 2.- TERMODINAMICA
JOSE A. MANRIQUE 1976
HARLA

- 3.- FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA
GORDON J. VAN WYLEN 1976
LIMUSA 5a. EDICION

- 4.- ELEMENTOS DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO
ING. HELIODORO ESPINOSA HERNANDEZ 1975
1a. EDICION

- 5.- MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS
CLAUDIO MATAIX 1977
HARLA

6.- MANUAL DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LOS VEN-
TILADORES DE TIRO FORZADO Y RECIRCULACION DE GASES
MITSUBISHI LTD 1979

7.- MANUAL DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DEL PRECA--
LENTADOR DE AIRE
CERREY 1979