



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
de la U. N. L.



ASOCIACION MEXICANA DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS, A. C. 3

SEMINARIO DE ING. MECANICA

Ponencia:

**PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR
DE VAPOR INSTALADO EN LA PLANTA
TERMoeLECTRICA DEL VALLE DE MEXICO.**

Monterrey, N. L.
Agosto de 1967.

Presentada por:
ING. JORGE AGUILAR J.

WILL 62

TJ
A 3

283 p

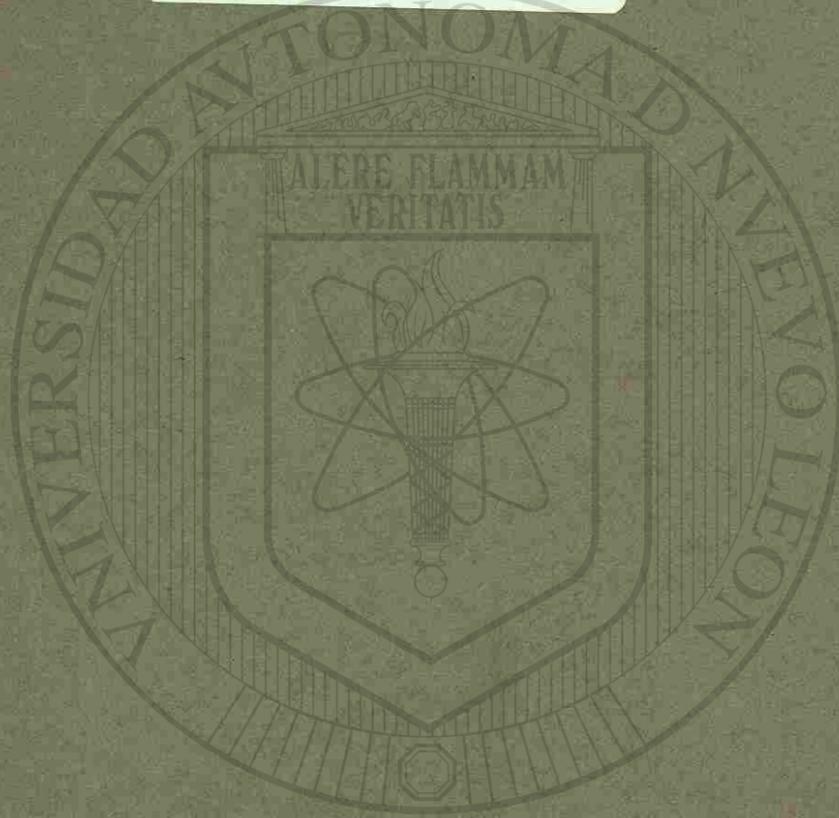
ZUERST

1748-44

GENERALEDOR

DE

UNTER...



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



*Recibí
200 ejemplares
ago 22, 1967*

[Handwritten signature]

UANL

PUESTA EN MARCHA DEL CATERGON
DE VAPORES INSTALADO EN LA PLANTA
TERMINAL FUENTE DE VAPORES DE MONTE



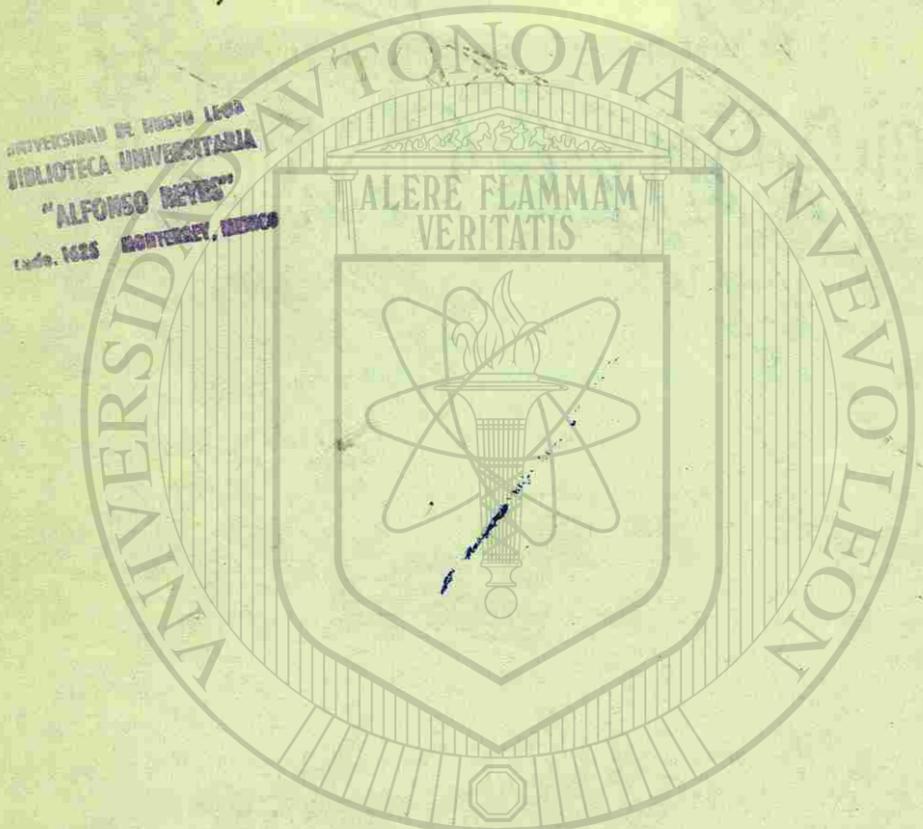
Monterrey, N. L.
Agosto de 1967

Presentado por
ING. JORGE AGUILAR

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
FONDO ABERTO

Núm. Clas.
Núm. 19
Núm. 102
Fecha
Clasificación

Núm. Clas NL 621.11
 Núm. Autor A 2831
 Núm. Adg. 059344
 Procedencia -
 Precio _____
 Fecha Abril de 1968.
 Clasificó 6ccj
 Catalogó suq



UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
 BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
 "ALFONSO REYES"
 Cdad. 1625 MONTERREY, NUEVO LEÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
 de la U. N. L.



ASOCIACION MEXICANA DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS, A. C.

SEMINARIO DE ING. MECANICA

Ponencia:

**PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR
 DE VAPOR INSTALADO EN LA PLANTA
 TERMoeLECTRICA DEL VALLE DE MEXICO.**



Capilla Alfonso
 Biblioteca Universitaria



Monterrey, N. L.
 Agosto de 1967.

Presentada por:
 ING. JORGE AGUILAR J.

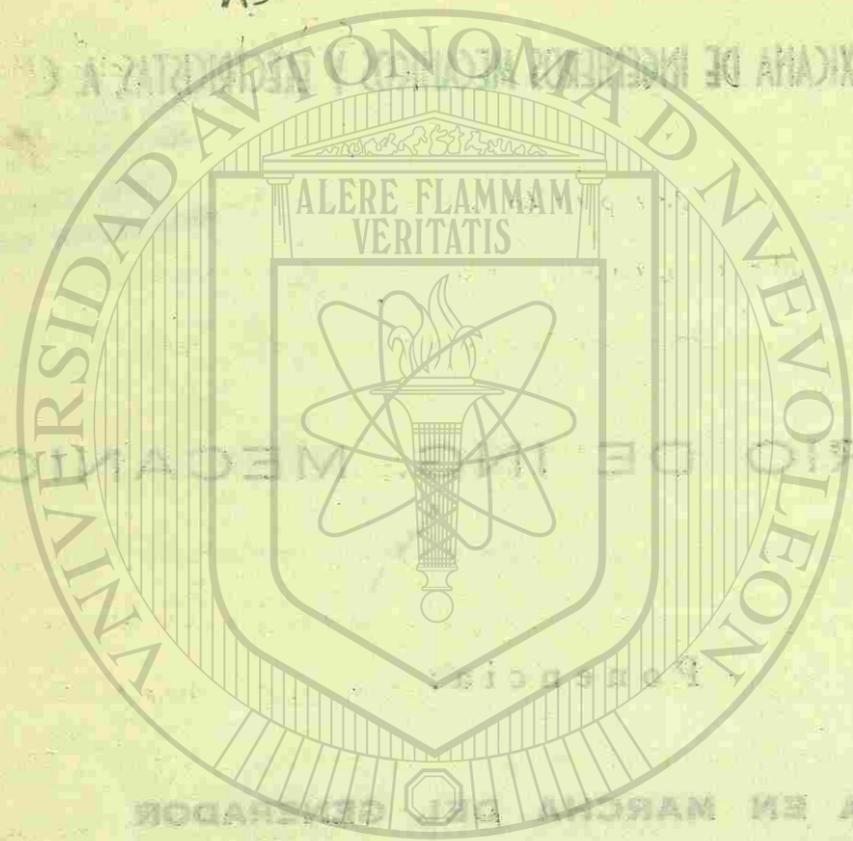
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
 "ALFONSO REYES"

FONDO UNIVERSITARIO
059344

Facultad de Ingeniería y Electricidad

TJ279

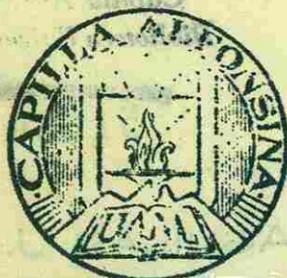
A3



PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR DE VAPOR INSTALADO EN LA PLANTA TERMOELECTRICA DEL VALLE DE MEXICO.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO UNIVERSITARIO

PUESTA EN MARCHA DEL GENERADOR DE VAPOR INSTALADO EN LA PLANTA

TERMOELECTRICA DEL VALLE DE MEXICO.

Por: Ing. Jorge Aguilar J.
Jefe Servicios y Montaje
Ce-rey, S.A.

Aparentemente el tema de esta exposición es por demás conocido, sin embargo, durante el desarrollo del trabajo, en este caso particular, se hizo frente a problemas especiales, son a ellos, preferentemente a los que nos vamos a referir.

En primer lugar describiremos someramente la planta.

El generador de vapor es marca Combustion Engineering, para una presión de operación de 2030 lbs/pulg.² (143 kg/cm.²) con una capacidad de evaporación de 1,050,000 lbs/hr. (476 Tons/hr.) a una temperatura de agua de alimentación de 473° F (245°C) y temperatura final del vapor sobrecalentado de 1005° F (540°C); la cual se obtiene en tres secciones de sobrecalentadores; además cuenta con una sección de recalentador para el vapor de salida del primer paso del turbogenerador diseñado para una presión de 600 lbs/pulg.² (42.2 kg/cm.²), temperatura inicial de 695° F (400°C) temperatura final de 1005° F (540°C) para un flujo de vapor de 916,300 lbs/hr. (416 Tons/hr.).

El turbogenerador está dividido en tres secciones para el paso de vapor: una sección de alta presión y alta temperatura, otra de presión intermedia y alta temperatura para vapor recalentado y la tercera para vapor de baja presión y baja temperatura que termina en el condensador.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Fondo. 1625 MONTERREY, N.M.

El generador es de una capacidad de 150,000 kilowatts.

Desde luego la planta tiene el equipo auxiliar usual: dos equipos desmineralizadores para el agua de repuesto al sistema; de aerador, tres calentadores para el agua de alimentación de baja presión y tres más de alta presión, tres bombas para agua de alimentación a la caldera, y las correspondientes bombas, compresoras, etc.

El generador de vapor cuenta con 20 quemadores para combustóleo pesado y 40 para gas natural del tipo tangencial, o sea están distribuidos en las 4 esquinas del horno de tal modo que forman sus flamas un torbellino giratorio en el centro del horno.

Además estos quemadores son inclinables con objeto de tener un control primario de las temperaturas de vapor sobrecalentado y recalentado; el control se complementa por medio de agua de atemperación, independientemente alimentada a cada sistema.

El consumo de combustible a plena carga es de 74,500 lbs/hr. (34,000 lts/hr.) de combustóleo ó 1,170,000 pies³/hr. (33,000 M³/hr.) de gas natural, siendo las eficiencias respectivamente de 89.20% y 84.89% y los excesos de aire según diseño de 12 y 7%. Para el suministro de aire de combustión se tienen 2 ventiladores de tiro forzado, accionados por motores eléctricos de 1250 HP cada uno, a una velocidad de 1485 revoluciones por minuto; el aire descargado por cada ventilador, pasa por un calentador a vapor y después por un calentador de tipo regenerativo que utiliza los gases de escape de la propia caldera, antes de que entren a la chimenea.

La salida de aire de los dos precalentadores se unen en un ducto común que a su vez se bifurca para alimentar a las dos cajas de aire que se encuentran a un lado y otro del horno, cada una de ellas suministra aire a dos esquinas donde se localizan los quemadores, a través de las correspondientes compuertas de control.

Para el encendido de la caldera hay 20 pilotos, (5 en cada esquina) que operan con gas natural e ignición eléctrica. Estos pilotos cuentan con dispositivo de protección por falla de flama.

Para la eliminación de hollín, cuando se opera con combustóleo, se cuentan con 8 sopladores retráctiles en la caldera y uno más en cada calentador de aire, accionados eléctricamente desde un tablero central de secuencia automática.

El soplado se efectúa por medio de vapor de la salida del primer paso del sobrecalentador. Se dispone de una serie de dispositivos de protección en la caldera para casos de fallas, que incluye verificación de la operación correcta de por lo menos un ventilador de tiro forzado, eliminación en el conjunto de los gases no quemados antes del encendido de los pilotos, protección por alta y baja presión de gas a quemadores y verificación de que las válvulas macho a dichos quemadores están cerradas antes de que se abra la válvula de cierre de emergencia de gas. ®

Además se tiene instalado un sistema de protección por falla de flama que consiste en un detector colocado en cada esquina que supervisa la existencia de la flama de los quemadores en esa propia esquina. Este sistema actúa únicamente como alarma.

Por último se cuenta con un sistema de televisión de circuito cerrado, la cámara monitora está instalada de tal manera en la caldera que su campo de observación abarca las cuatro esquinas de quemadores, la pantalla se localiza en el tablero de operación de modo que el personal en todo momento puede verificar las condiciones de las flamas en el horno y aún más, si por alguna anomalía, estas se han apagado, proceden a efectuar las maniobras pertinentes.

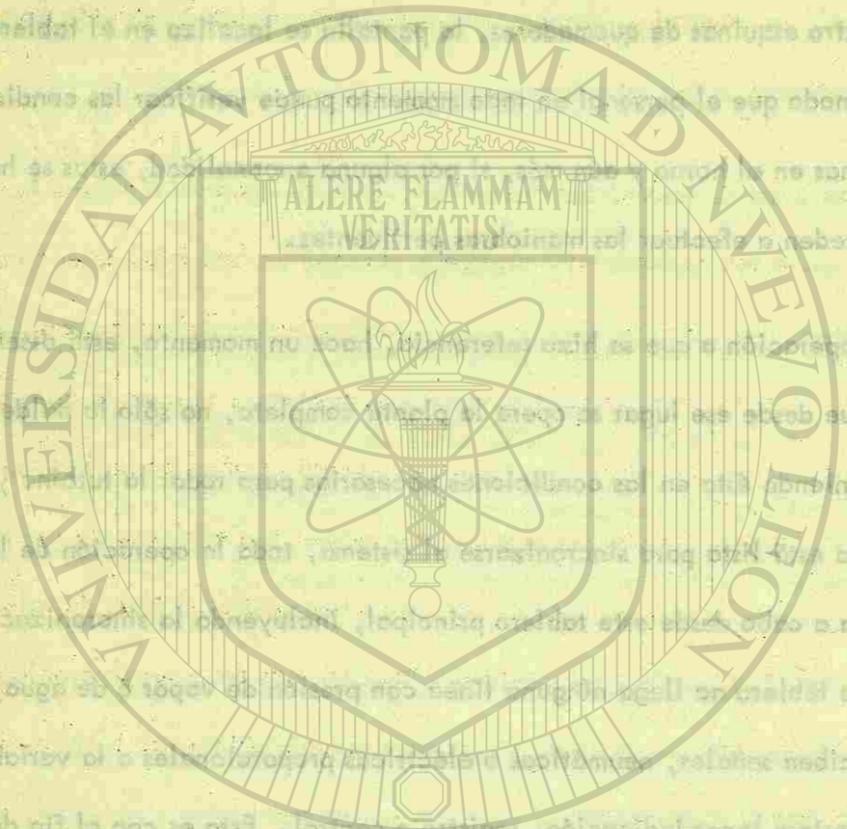
El tablero de operación a que se hizo referencia, hace un momento, está diseñado de tal modo que desde ese lugar se opera la planta completa, no sólo la caldera. Ya una vez teniendo ésta en las condiciones necesarias para rodar la turbina y ya que esta última está lista para sincronizarse al sistema, toda la operación de la planta se lleva a cabo desde este tablero principal, incluyendo la sincronización misma. A este tablero no llega ninguna línea con presión de vapor o de agua, únicamente se reciben señales, neumáticas o eléctricas proporcionales a la variable de la cual se quiere tener indicación, registro o control. Esto es con el fin de evitar las consecuencias casi desastrosas que resultarían de una fuga de agua a las presiones que se emplean en esa instalación.

Es desde luego interesante resaltar las ventajas tan grandes que se derivan de centralizar la supervisión y control de la planta en un solo tablero, en esa forma el operador en cargo puede darse cuenta inmediata de los orígenes de cualquier anomalía que note en la caldera, la turbina o el generador; puede también anticipar las repercusiones que se van a producir en el resto de la planta debidas a los cambios de condiciones de operación que se presenten en algún equipo. Es, asimis-

mo, más fácil evitar daños al equipor en caso de que se presente una emergencia, ya que un solo operador tendrá el panorama general del problema pudiendo decidir y efectuar maniobras acertadas, sin exponerse a errores de interpretación por falta de datos suficientes en algún equipo.

Es de sobra sabido que los momentos más peligrosos en la operación de una caldera son los arranques, o sea los momentos en que estando la unidad fría, se encienden los pilotos, uno o dos quemadores principales y se empieza a calentar poco a poco para subir presión de vapor en la caldera. En esos momentos es cuando la estabilidad de las flamas es más precaria, en primer lugar por estar el horno frío, en segundo lugar por los altos excesos de aire con que se efectúa esta fase de la operación; es pues en estos momentos en que son de gran utilidad el sistema de televisión y los detectores de flama, así como los pilotos que además de tener su propio sistema de detección de flama, ayudan en forma considerable a la estabilidad de las flamas de los quemadores principales.

Un aspecto muy importante que debe tenerse en cuenta durante el período en que se levanta presión en una caldera es la protección a los elementos del sobrecalentador. Cuando la unidad se prueba hidrostáticamente al terminar el montaje, todos los tubos que forman el sobrecalentador y el recalentador, quedan totalmente llenos de agua, sólo la sección del primer paso del sobrecalentador es drenable, por lo tanto en el resto de los tubos sólo puede ser eliminada el agua por evaporación. Esta agua actúa como un sello hidráulico impidiendo la circulación de vapor en los elementos, esta situación se agrava más en el recalentador ya que en éste no habrá circulación considerable de vapor más que hasta que la turbina esté tomando un flu-



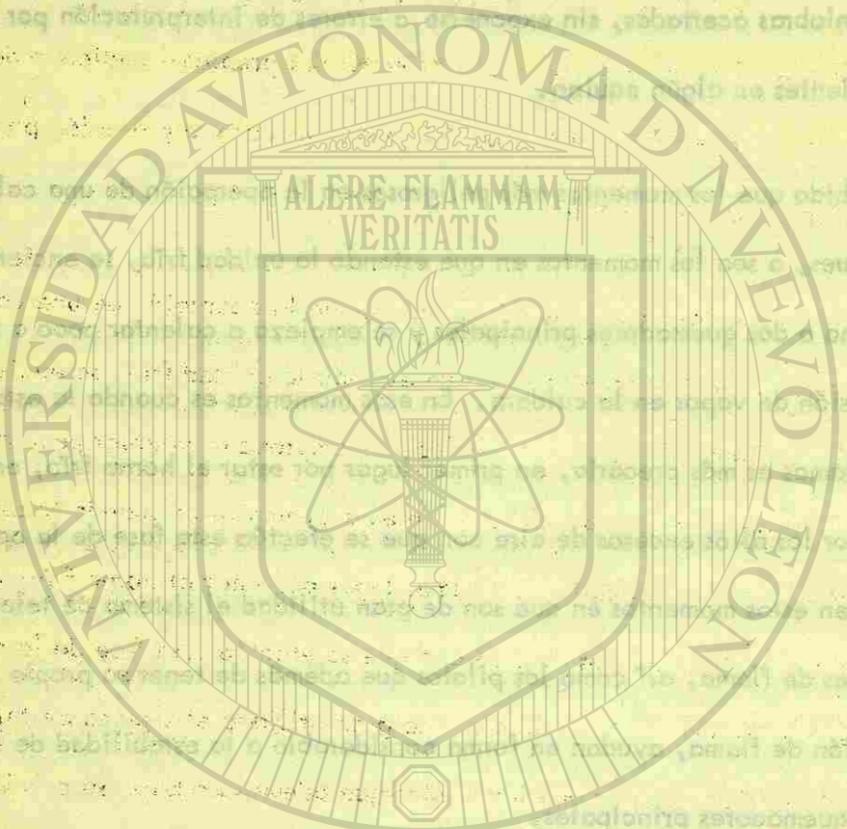
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

jo suficientemente alto.

Si se tienen los tubos sin circulación o ésta es insuficiente y la temperatura de los gases que los están calentando es muy alta, el metal pierde su resistencia y los tubos se deforman o incluso se rompen. Es, por lo tanto, necesario en estos casos controlar por medio de termopares que la temperatura de los gases entrando a la sección del sobrecalentador no exceda de la máxima tolerable para el material del cual está construido el sobrecalentador, además por medio de otros termopares soldados a elementos del sobrecalentador y recalentador, darse cuenta precisa de la existencia de tubos en los cuales no hay circulación, o sea que aún contienen agua; mientras esta condición persista, no debe rebasarse la temperatura de gases saliendo del horno de la máxima tolerable.

Este procedimiento de control de la maniobra de subir presión en la caldera está también condicionado al tiempo mínimo necesario recomendado por el fabricante de la caldera que se da en forma de una gráfica de tiempo contra presión de vapor, en la cual únicamente se toma en consideración los esfuerzos que se producen en la placa del domo, debido a su espesor y las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la placa misma.

La situación de tener los elementos de los sobrecalentadores y recalentador llenos de agua, se repite cada vez que la caldera se apaga, debido a que los tubos condensan vapor del domo hasta llenarse total o parcialmente. Siempre que la unidad se encienda debe tenerse cuidado en este aspecto, esté fría o caliente, con presión o sin ella.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

059344

El lavado alcalino de la caldera que siempre debe efectuarse para eliminar la grasa usada en el rolado de los tubos se realizó en la forma convencional a pesar de que todos los tubos van soldados a los cabezales y al domo superior; sin embargo, era necesario eliminar toda la grasa con que se protegió la parte interior del domo y toda la arena y demás basura y desperdicios que se acumularon durante el transporte, almacenamiento y montaje de los componentes.

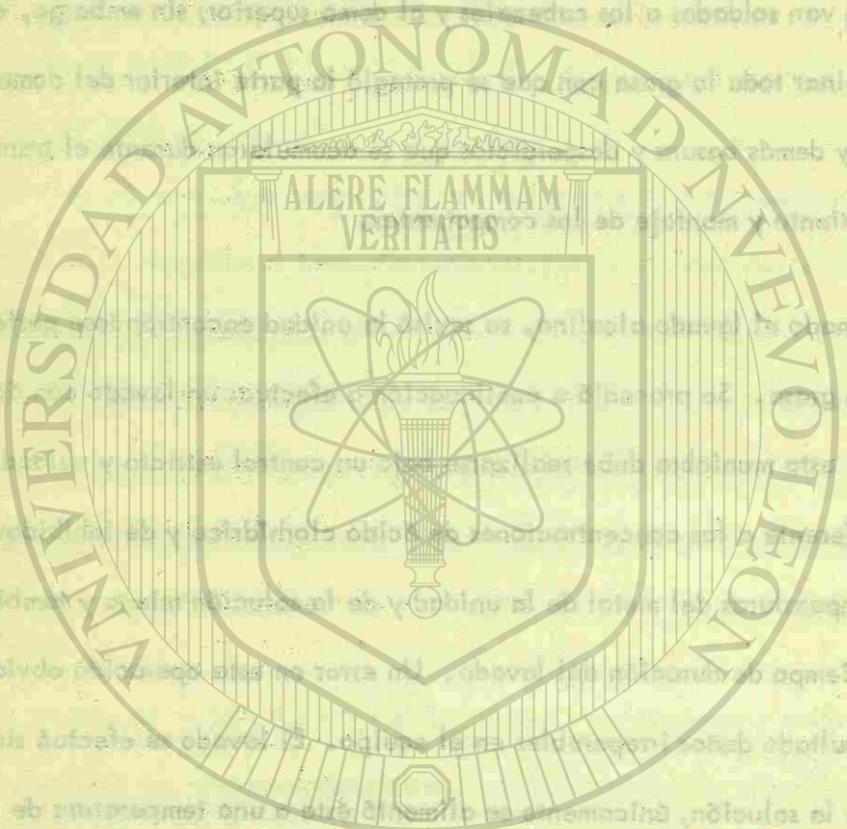
Una vez terminado el lavado alcalino, se revisó la unidad encontrándose perfectamente libre de grasa. Se procedió a continuación a efectuar un lavado con ácido de la caldera, esta maniobra debe realizarse bajo un control estricto y cuidadoso, tanto en lo referente a las concentraciones de ácido clorhídrico y de inhibidor, como a las temperaturas del metal de la unidad y de la solución misma y también en cuanto al tiempo de duración del lavado. Un error en esta operación obviamente dará por resultado daños irreparables en el equipo. El lavado se efectuó sin recirculación de la solución, únicamente se alimentó ésta a una temperatura de 160°F (70°C), hasta llenar casi totalmente el domo superior, manteniéndola en la caldera durante 6 horas, al cabo de las cuales se vació el ácido, se llenó nuevamente la caldera con agua cruda, se volvió a vaciar, se alimentó una vez más pero con agua desmineralizada, vaciándola otra vez y finalmente llenándola a nivel de operación con una solución de soda ash al 5% en agua desmineralizada. La operación de vaciado del ácido y todos los vaciados posteriores se hicieron sin permitir la entrada de aire en la caldera, con objeto de evitar la oxidación del metal de ella; fue necesario para lograr esto, el uso de nitrógeno a presión, alimentado adecuadamente por la parte superior de la caldera.

Una precaución adicional que se tomó durante este lavado ácido fue llenar previamente, a través de conexiones adecuadas, todos los elementos de los sobrecalentadores con agua desmineralizada para reducir al mínimo la posibilidad de que los vapores de ácido o ácido mismo, pasaran a los elementos y los atacaran.

Con la solución de soda Ash que se mencionó, se efectuó un lavado de neutralización con una duración de ocho horas, al cabo de ellas, se dejó enfriar la caldera, se vació y se revisó para verificar la eficacia del lavado ácido, habiendo sido éste satisfactorio, se cerró la caldera, se llenó con agua desmineralizada y se volvió a encender para levantar presión de vapor y proceder con el soplado de tuberías y elementos de sobrecalentador y recalentador.

Esta fase de la puesta en marcha requirió también de maniobras especiales dado que por no existir válvula principal para cierre del vapor de la caldera y que únicamente funcionan como tales las válvulas de cierre de la turbina, fue necesaria la instalación de tubería, válvulas, soportes, etc., con carácter provisional para efectuar debidamente la operación.

La efectividad del soplado se probó por medio de probetas testigo, instaladas en las tuberías, maquinadas con caras planas terminadas a espejo de modo que cualquier escoria, basura, etc., que hubiera en la tubería, al salir de ella golpeaba la cara expuesta al flujo de vapor dejando marcas que indicaban la necesidad de continuar con los soplados; una vez que la probeta salía sin marcas, era indicio de que la tubería estaba limpia. Desde luego, en los tres soplados iniciales no se utilizaban testigos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

03084

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
NUEVO LEÓN

Un aspecto que requirió maniobras más complicadas fue el hecho de que para soplar las tuberías de vapor recalentado fue necesario instalar conexiones entre la tubería para vapor sobrecalentado y la de recalentado de salida de la turbina.

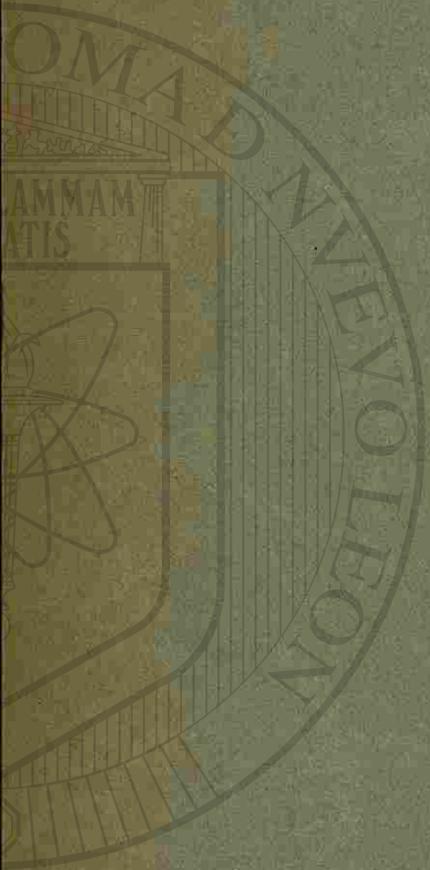
Los soplados se realizaron por etapas, esto es, en primer lugar se sopló nada más la caldera en sí y la línea para vapor sobrecalentado a la turbina, hasta que quedó limpia, después se incluyó, además de lo anterior, la línea para vapor recalentado frío, o sea, la de salida de la turbina, hasta la entrada al recalentador de la caldera; a continuación se sopló también el recalentador en sí y finalmente, todas las tuberías anteriores y la línea para vapor recalentado caliente, o sea, de la salida del recalentador a la turbina.

El procedimiento que se siguió durante todos los soplados, en cuanto a la operación de la caldera fue el siguiente: Se levantó presión de vapor en la forma normal, hasta tener 800 psig (56 Kg/cm^2), procurando tener al llegar a ella, un nivel de agua alto, alrededor de tres cuartos de cristal, se procedía a abrir rápidamente la válvula con la que se controlaba el soplado, simultáneamente se aumentaba el flujo de agua de alimentación a la caldera y se abrían las válvulas de control de agua de atemperación, con el objeto de aumentar la acción erosiva del vapor y limpiar más efectivamente la tubería con una cantidad grande de gotas de agua arrastradas con el vapor. En cuanto la presión de vapor en la caldera bajaba a alrededor de 400 psig (28 Kg/cm^2), se cerraba la válvula de soplado, se verificaba el nivel de agua, alimentando más agua si era necesario, se cerraban las válvulas de agua a los atemperadores y se volvía a levantar presión de vapor nuevamente a 800 psig (56 Kg/cm^2), para poder efectuar otro soplado.

Entretanto, se examinaban los testigos, si habían sido colocados y se decidía si era necesario o no continuar soplando ese tramo.

Una vez que todas las tuberías estuvieron limpias, se procedió a calibrar las válvulas de seguridad en la caldera. Se tienen un total de 8 válvulas distribuidas en la siguiente forma: 3 en el domo que escapan a 2,180; 2200 y 2220 psig (153.3; 154.7 y 156 kg/cm.²) una en el cabezal de salida de vapor sobrecalentado que abre a 2030 psig (142.7 Kg/cm.²), tres en el cabezal de entrada de vapor recalentado que disparan a 600; 610 y 618 psig. (42.2; 42.8 y 43.5 Kg/cm.²); una más en el cabezal de salida de vapor recalentado que escapa a 560 psig (39.4 kg/cm.²) y finalmente una válvula extra; o sea el Código ASME no obliga a tenerla, accionada eléctricamente e instalada con una válvula de compuerta antes de ella para poderla reparar en caso necesario y la cual se ajustó para escapar a 1875 psig (131.0 kg/cm.²) y que se encuentra instalada en el cabezal de salida de vapor sobrecalentado.

Una vez que las maniobras descritas se concluyeron, la unidad quedó lista para proporcionar vapor a la turbina y continuar con el arranque de todos el resto del equipo hasta su operación normal.



U A N L

SIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO

CCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

BIBLIOTECA CENTRAL
U. A. N. L.