

01173
Ee)
2

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

EL ENSUCIAMIENTO Y SUS EFECTOS EN LA TRANSFERENCIA
DE CALOR EN GENERADORES DE VAPOR DE CENTRALES
TERMoeLECTRICAS

TESIS
PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR EL ING. ROGELIO ESCALERA CAMPOVERDE

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA MECANICA
(OPCION TERMOFLUIDOS)

CIUDAD UNIVERSITARIA

1987

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

RESUMEN

Se calculó la transferencia de calor para tres diseños de generadores de vapor de 300 MW marca Mitsubishi Heavy Industries, Combustion-Engineering, de centrales termoeléctricas de Comisión Federal de Electricidad; mediante un programa de análisis numérico en Fortran para dos condiciones diferentes: 1) con generador de vapor limpio (datos de diseño), y 2) considerando el ensuciamiento acumulado en seis meses de operación a carga económica continua (300 MW) despreciando el ensuciamiento interno y calculando el factor de ensuciamiento externo experimentalmente, con base en los depósitos muestreados en inspecciones a los generadores de vapor de las centrales de Manzanillo y Tula.

Se observó un desbalance en la transferencia de calor en todos los elementos del generador de vapor, incrementándose la temperatura de los gases de combustión a la salida del economizador hasta valores mayores que los permitidos por diseño.

Se calculó la eficiencia del generador de vapor por el método de pérdidas, observando una disminución de hasta 2 % después de cuatro meses de operación continua, provocada por el ensuciamiento del lado de los gases de combustión.

INDICE

CAPITULO	PAGINA
1	INTRODUCCION..... 1
2	TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN GENERADOR DE VAPOR DE 300 MW
2.1	CARACTERISTICAS DE DISEÑO..... 9
2.2	DESCRIPCION DEL FLUJO DE AGUA Y VAPOR EN UNA CALDERA DE 300 MW.....12
2.3	RECORRIDO DE LOS GASES DE COMBUSTION.....18
2.4	GENERADOR DE VAPOR LIMPIO.....19
2.5	RESULTADOS.....26
3	ENSUCIAMIENTO
3.1	GENERALIDADES.....32
3.2	CLASIFICACION DEL ENSUCIAMIENTO.....33
3.3	MEDICION DEL ENSUCIAMIENTO.....37
3.4	MECANISMO O ETAPAS DEL ENSUCIAMIENTO.....39
3.5	MODELOS DE ENSUCIAMIENTO.....42

3.6	ENSUCIAMIENTO EN UN GENERADOR DE VAPOR MHI-CE DE 300 MW POR EL LADO DE LOS GASES DE COMBUSTION.....	52
3.7	DIFERENCIAS CON LOS OTROS DISEÑOS CONSIDERADOS.....	65
4	TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN GENERADOR DE VAPOR SUCIO	
4.1	GENERALIDADES.....	68
4.2	RESULTADOS.....	78
5	EFICIENCIA TERMICA DEL GENERADOR DE VAPOR POR EL METODO DE PERDIDAS	
	GENERALIDADES.....	89
	SECUENCIA DE CALCULO.....	90
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES.....	108
7	REFERENCIAS.....	111

APENDICE A RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR CON DATOS
DE DISEÑO.

MANZANILLO UNIDADES 1 Y 2.....	117
MANZANILLO UNIDADES 3 Y 4.....	130
TULA UNIDAD 5.....	143

APENDICE B RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR
CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO.

MANZANILLO UNIDADES 1 Y 2.....	158
MANZANILLO UNIDADES 3 Y 4.....	171
TULA UNIDAD 5.....	184

APENDICE C PROGRAMA PARA CALCULAR LA EFICIENCIA DEL
GENERADOR DE VAPOR POR EL METODO DE PERDIDAS.....

199

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El ensuciamiento en equipos de transferencia de calor puede definirse como la acumulación de depósitos de material indeseable sobre las superficies de intercambio de calor causando una disminución en su rendimiento. Es un problema importante en el diseño de cambiadores de calor y es todavía uno de los menos entendidos.

En los generadores de vapor de gran capacidad que utilizan combustóleo se forman depósitos por el lado de los gases sobre las superficies de transferencia de calor, debido al alto contenido de asfaltenos, metales y cenizas en el combustible y a que el generador de vapor no está diseñado para quemar este residuo del petróleo.

El problema que originó este trabajo se presentó en la central termoeléctrica de Manzanillo, Col., que por ser una planta generadora de carga base para el sistema de CFE, cada unidad siempre tiene que estar produciendo 300 MW, lo cual quiere decir que el generador de vapor se encuentra funcionando a la capacidad económica continua y debe requerir del menor tiempo posible para su mantenimiento.

En esta central se observó que iniciando las operaciones con generador de vapor limpio, transcurrían apenas tres meses cuando se notaba una

tendencia a incrementarse la temperatura de los gases a la salida del economizador, así como la temperatura del vapor recalentado y el gasto de agua de atemperación al vapor principal. A los seis meses de operación continua las temperaturas mencionadas aumentarían considerablemente con respecto a las registradas en el tercer mes, presentándose otro problema serio: el incremento de presión en el hogar a valores mayores que los permitidos por el diseño, provocado por un taponamiento en las canastas de los precalentadores regenerativos de aire y obligando también a los ventiladores de tiro forzado a trabajar a su máxima capacidad para poder generar 290 MW máximo. En este sexto mes era necesario sacar de emergencia la unidad a lavado de precalentadores y en dos días volver a estar operando con la presión del hogar reestablecida (no al 100%, sino a un 60% aproximadamente).

En el octavo mes, la temperatura de los gases a la salida del economizador alcanzaba los 450°C cuando por diseño debería ser 340°C. Esto también provocaba dos problemas más, a saber:

- (a) Los ventiladores recirculadores de gases no estaban diseñados para temperaturas continuas mayores de 400°C, por lo que llegaron a sufrir daños considerables en los álabes y desarrollaron una presión igual o menor a la del hogar (que era alta por el ensuciamiento) teniendo como resultado contraflujo de gases calientes del hogar hacia el ventilador y consecuentemente la cedencia del rotor (flecha de 4 pulgadas de diámetro).

- (b) Los ductos y juntas que conectan al ventilador con el hogar y la salida del economizador, no estaban diseñados para temperaturas de gases mayores a 430°C, por lo que las juntas de expansión se quemaban, provocándose fugas considerables de los gases e incendios al consumir éstos a su paso al material aislante (capa de fibra de vidrio de 3 cm de espesor).

Para disminuir la temperatura de gases a la salida del economizador se consideraron como recurso 2 alternativas:

- (a) Inclinar los quemadores dos ó tres grados con respecto a la horizontal hacia el piso del hogar. Lo anterior provocó que se levantara el refractario del piso, sobrecalentándolo al operar prolongadamente de esta manera. Otro problema fué que se tapaban con depósitos las lumbreras de los recirculadores de gases y que en el piso y paredes hasta una altura considerable se formaran sobre los tubos depósitos de hasta 5 cm de espesor con claras evidencias de haber estado fundidos.
- (b) Dejar fuera de servicio las extracciones de vapor de la turbina a los calentadores de alta presión para que el agua de alimentación llegara más fría al economizador, absorbiera más calor de los gases y estos salieran a una temperatura menor de 450°C. Obviamente que la eficiencia del ciclo disminuía al hacerlo menos regenerativo y la operación de la unidad se hacía más complicada, laboriosa y riesgosa.

Del octavo al doceavo mes de operación los ventiladores recirculadores de gases se encontraban fuera de servicio y la unidad disminuía la carga generada a 260 MW. En este doceavo mes la unidad salía a mantenimiento anual con duración de un mes para lavar a alta presión los bancos, paredes, portantes, precalentadores y el hogar, así como corregir y prevenir fallas de ventiladores recirculadores y de tiro forzado, sopladores de hollín, bombas de circulación y alimentación, domo, válvulas, etc.

Por otro lado, para proteger a los elementos metálicos del generador de vapor de la agresividad corrosiva de los depósitos, se utilizaban aditivos a base de óxido de magnesio, dosificándose en forma líquida al combustible en una relación de 1 a 2500, es decir, un litro de aditivo por 2500 de combustóleo, y en ocasiones se inyectaba además en forma de polvo a la entrada de los precalentadores regenerativos de aire, para protegerlos de la corrosión por ácido sulfúrico (producto del alto contenido de azufre en el combustóleo) que se formaba al enfriarse los gases.

Al no utilizar aditivo, las cenizas que se formaban tenían altos compuestos de vanadio con puntos de fusión cercanos a los 550 °C, la temperatura de metal de los tubos, cerca del cabezal de salida del sobrecalentador y recalentador de alta temperatura, se encontraba próxima a los 600 °C, de tal forma que los depósitos se quedaban fundidos sobre los tubos, acelerando la corrosión. Al utilizar aditivo, supuestamente los compuestos de vanadio con bajos puntos de fusión disminuirían (en teoría y a nivel laboratorio), pues se formarían compuestos complejos de vanadio y magnesio de puntos de

fusión alrededor de 900°C , ayudarían además a formar depósitos porosos, que se removerían fácilmente con los sopladores de hollín y en consecuencia menor cantidad se quedaría en los tubos, mejoraría pues el problema del ensuciamiento y la corrosión.

Sin embargo, no se obtuvieron los resultados deseados al utilizar el aditivo de ésa manera, aunque en el laboratorio sí se encontraron resultados satisfactorios, por el contrario, como se dosificó al generador de vapor (inyectándolo al combustible) causó efectos secundarios que no permitieron su uso continuo, entre éstos efectos el principal fué la reflexión de calor de las paredes del hogar hacia los bancos de tubos, al quedarse óxido de magnesio en exceso en las paredes del hogar y el sobrecalentador de baja temperatura (primer banco de tubos al paso de los gases) y siendo el óxido de magnesio un material aislante de buena calidad desbalanceaba la transferencia de calor incrementándose la temperatura de los gases de combustión a la salida del economizador en un tiempo menor que para una unidad que no usaba aditivo. Entre otras desventajas encontradas al usar aditivo están: 1) La unidad tuvo que salir a mantenimiento a los cuatro meses de operación, al taparse los precalentadores de aire y aumentar la temperatura de gases a la salida del economizador. 2) Se encontraron depósitos con mayor espesor, más duros, adheridos y con apariencias de haber estado fundidos. 3) La corrosión en las canastas de los precalentadores, así como en los bancos de tubos no disminuyó. 4) El costo de los aditivos es elevado. y 5) no se apreciaron mejoras en la combustión, al monitorear los contenidos de CO_2 , CO , O_2 , SO_3 , SO_2 y partículas de carbón no quemado en los gases de combustión a la entrada de los precalentadores regenerativos de aire.

Parte de la solución al problema, encontrada por experiencia del personal de operación en planta, fué salir a mantenimiento a los seis meses de operación con el objeto de recuperar disponibilidad en el generador de vapor y todos sus equipos auxiliares. Este mantenimiento tiene una duración de seis días y dá la impresión de que se trataba de un "parche" para poder llegar al mantenimiento anual (con duración de un mes) ó mayor, cada dos años (con duración de dos meses).

De acuerdo con lo anterior, fué necesario conocer más acerca del ensuciamiento por el lado de los gases, calcular la transferencia de calor, temperatura puntual de metal y eficiencia para poder cuantificar el efecto del ensuciamiento y hacer conciencia de que es necesario darle más importancia al problema para hacer un uso más eficiente de la energía, ya que la política del sector energético es seguir quemando el combustóleo, causa de la mayoría de los problemas, entre ellos el deterioro de los componentes metálicos del generador de vapor.

Este trabajo es el primer intento de modelar los efectos del ensuciamiento en un generador de vapor, desde el punto de vista de la transferencia de calor. La aportación principal consistió en haber realizado la metodología y los programas para el cálculo de la transferencia de calor, así como la eficiencia del generador de vapor por el método de pérdidas que con ayuda de las mediciones, inspecciones y muestreos en planta se modeló el ensuciamiento en base al espesor y conductividad térmica medidos de los depósitos.

En el capítulo 2 se describen los tres diseños de generadores de vapor que se tomaron para este trabajo (Manzanillo 1 y 2, Manzanillo 3 y 4 y

Tula 5) se calcula la transferencia de calor con condiciones de diseño, incluyéndose una tabla resumen de resultados, una gráfica de la variación en la temperatura de gases con respecto a su recorrido por los bancos y cavidades y otra gráfica donde se representa la cantidad de calor absorbido por cada banco de tubos, en forma de barras y de pasteles para notar el porcentaje que toma cada elemento.

En el capítulo 3 se da una breve revisión de la clasificación, medición, mecanismos y modelos del ensuciamiento de acuerdo con una investigación bibliográfica reciente. Cabe hacer notar que no se tomó ningún modelo de los descritos en este capítulo para calcular la transferencia de calor en condiciones de ensuciamiento. se describe el ensuciamiento de un generador de vapor de 300 MW en base a inspecciones realizadas con la finalidad de evaluar y comparar los beneficios del uso de dos tipos de aditivos a base de óxido de magnesio.

En el capítulo 4 se calcula la transferencia de calor considerando el ensuciamiento de los tubos por el lado de los gases de combustión, se incluye una tabla resumen y gráficas del calor absorbido en los bancos, portantes y paredes, otras con la variación de la temperatura de gases a la entrada y salida de cada banco o cavidad comparando con las condiciones de diseño.

En el capítulo 5 se analiza la eficiencia del generador de vapor por el método de pérdidas para condiciones limpias y sucias, incluyendo tablas de resultados y gráficas donde se nota claramente la disminución de la eficiencia al aumentar la temperatura de gases a la salida de los precalentadores regenerativos de aire como consecuencia

del ensuciamiento.

En los apéndices A y B se encuentran las tablas de resultados del análisis de transferencia de calor en el generador de vapor para condiciones de diseño y sucias, respectivamente.

En el apéndice C se encuentra el programa utilizado para calcular la eficiencia del generador de vapor por el método de pérdidas.

CAPITULO 2

TRANSEFERENCIA DE CALOR EN UN GENERADOR DE VAPOR DE 300 MW

2.1 CARACTERISTICAS DE DISEÑO

En el presente trabajo se consideraron tres diseños distintos de generadores de vapor de 300 MW : C.T. Manzanillo unidades 1 y 2; unidades 3 y 4; y la unidad 5 de la C.T. Tula. Los tres diseños se diferencian entre sí en el número de tubos de los bancos, características geométricas y dirección del flujo de vapor en los tubos portantes del sobrecalentador de baja temperatura (SCRT).

Las características geométricas se enlistan en las tablas 2.1 a 2.6

DATOS DE DISEÑO DE LAS UNIDADES 1,2,3 Y 4 DE LA CTE DE MANZANILLO,COL. Y LA UNIDAD 5 DE TULA,MGO..

Tabla 2.1 Características del hogar

	MANZ. 1 Y 2	MANZ. 3 Y 4	TULA 5
VOLUMEN DEL HOGAR M ³	2230	2600	2650
SUP. DE CALEF. DEL HOGAR M ²	2180	2280	2400

Tabla 2.2 Dimensiones del hogar

DIMENSIONES DEL HOGAR EN M.			
DIMENSION	MANZ. 1 Y 2	MANZ. 3 Y 4	TULA 5
ANCHO	11.22	11.22	11.322
LONGITUD	9.741	9.741	9.80
ALTURA	21.00	24.30	24.245

SOBRECALENTADORES

Tabla 2.3 Características de los sobrecalentadores

LUGAR	SUPERFICIE DE CALEF. M ²			No. DE ELEM.			DIAMETRO EXTERIOR MM		
	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5
PARED ENERGIADA CON VAPOR	670	610	680						
SC. DE BAJA TEMP.	960	968	950.00	54	72	36	38.1	42.7	45
SC. TEMP INTER.	880	1288	1160.38	54	72	36	45	42.7	45
SC DE ALTA TEMP.	2210	1475	1603.22	102	72	72	42.7	45	48.6

 ! SOBRECALENTADORES !

Tabla 2.4 Características de los sobrecalentadores (continuación)

LUGAR	ESPACIAMIENTO EN CM						MATERIAL SA 213		
	PERPENDICULAR			PARALELO			M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5
	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5			
SC. DE BAJA TEMP.	20	15	31	1	1	1	T12,T22	T22	T12
SC. TEMP. INTERM.	20	15	31	10	5	2	T12,321	T22,347	T22,347
SC. DE ALTA TEMP.	11	15	15	9	5	5	T22,321	T22,347	321,304

 ! RECALENTADORES Y ECONOMIZADOR !

Tabla 2.5 Características de recalentadores, evaporador y economizador

LUGAR	SUPERFICIE DE CALEF. M ²			No. DE ELEM.			DIAMETRO EXTERIOR MM		
	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5
REC. DE BAJA TEMP.	5300	3721	3721	108	108	108	57	54	54
REC. DE ALTA TEMP.	580	570	574	108	72	72	48	48.6	48.6
EVAPORADOR	NO HAY	NO HAY	4880	--	--	108	--	--	45
ECONOMIZADOR	12140	12234	12200	108	108	108	45	45	45

RECALENTADORES Y ECONOMIZADOR

Tabla 2.6 Características de recalentadores, evaporador y economizador (CONTINUACIÓN)

LUGAR	ESPACIAMIENTO EN CM						MATERIAL SA 213		
	PERPENDICULAR			PARALELO			M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5
	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5	M 1 Y 2	M 3 Y 4	TULA 5			
REC. DE BAJA TEMP.	10	10.2	10.2	8	8	8	T12,192	T12,192	T12,192
REC. DE ALTA TEMP.	15	15	15.3	10	10	10	304	304,321	304,321
EVAPORADOR	--	--	10.2	--	--	10	--	--	210-C
ECONOMIZADOR	10.2	10.2	10.2	11.5	11.5	11.5	210-C	210-C	210-C

2.2 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE AGUA Y VAPOR EN UNA CALDERA DE 300 MW

Los tres diseños son marca Mitsubishi-Combustion Engineering de circulación controlada, quemadores tangenciales (4 niveles de 4 quemadores cada uno) y que utilizan aceite pesado o residual (combustóleo) como combustible con alto contenido de metales e impurezas que ocasionan la formación de escorias o depósitos de espesores considerables que se adhieren a los tubos obstruyendo los espacios al flujo de gases en los bancos y desbalanceando los patrones de transferencia de calor.

La dirección del flujo de vapor en las unidades 3 y 4 de Manzanillo es muy similar con la unidad 5 de Tula, pero diferente de las unidades 1 y 2. Para las unidades 1 y 2 el agua de alimentación llega al economizador procedente de los calentadores de alta presión con el objeto de aprovechar el calor de desecho de los gases e incrementar la temperatura del agua de alimentación. El economizador es un banco de tubos aletados en espiral arreglados en forma escalonada o triangular, con 12,140 m² de superficie de calefacción, está sujeto por los tubos portantes y separadores fijos entre los elementos. El agua sube por los tubos portantes del economizador hasta el cabezal de salida, pasando a la parte inferior del domo de vapor por dos tubos elevadores de 298.5 mm de diámetro exterior.

En el domo se mezcla el agua de alimentación con el líquido saturado procedente de las paredes del hogar después de haberse separado el vapor y baja por 4 tubos de 406.4 mm de diámetro exterior hasta un cabezal, de donde están conectados 2 tubos de succión para las 2 bombas de circulación controlada mismas que le proporcionan la presión necesaria para vencer las pérdidas a lo largo de su trayectoria. Las bombas descargan a dos tuberías cada una llegando 4 tubos al domo inferior, de donde salen 822 tubos de 38.1 mm de DE para formar las cuatro paredes del hogar; la pared frontal y la posterior con 219 tubos cada una y las laterales con 192 cada una.

El agua sube por los tubos del hogar absorbiendo calor en forma de radiación desde la zona de quemadores y una parte convirtiéndose paulatinamente en vapor hasta salir a los cabezales aproximadamente a 21% de calidad, llegando la mezcla líquido-vapor al domo por los tubos

elevadores (14 para la pared frontal, 18 para la pared posterior, 24 para las dos paredes laterales) donde se selecciona el vapor del líquido en los separadores ciclónicos, pasando posteriormente a los secadores de placas corrugadas y saliendo como vapor saturado rumbo a los sobrecalentadores. El líquido proveniente de los separadores se mezcla con el agua de alimentación y desciende otra vez para ser impulsado por las bombas de circulación controlada y repetir el ciclo.

El vapor saturado llega por 14 tubos de 139.8 mm de diámetro exterior al cabezal de entrada a las paredes de vapor frío, iniciando su recorrido por el techo (110 tubos), descendiendo por la pared posterior (110 tubos) hasta el cabezal en "U" donde se invierte la dirección del flujo ahora ascendiendo por las paredes laterales (2 X 74 tubos) hasta los cabezales (2) de salida de vapor frío. De aquí se conecta al cabezal de los tubos portantes del sobrecalentador de baja temperatura (SCBT) por donde desciende, circula por él y entra al sobrecalentador de temperatura intermedia (SCTI) ya que el cabezal de salida del SCBT, es el de entrada al de temperatura intermedia. A la salida del sobrecalentador de temperatura intermedia está el atemperador en donde se le inyecta al vapor 44 toneladas por hora de agua a 175°C en forma de pequeñas gotas para controlar la temperatura del vapor sobrecalentado. Entra al sobrecalentador de alta temperatura (SCAT) y sale lo más próximo a 540.5°C por dos cabezales rumbo a la turbina de alta presión. En la turbina se expande transformándose parte de su energía y sale para repartirse en dos flujos, uno rumbo al calentador de alta presión número 6 del ciclo regenerativo y otro a recalentarse entrando al generador de vapor a 38 kg/cm² y 340°C, pasando por el recalentador de baja temperatura

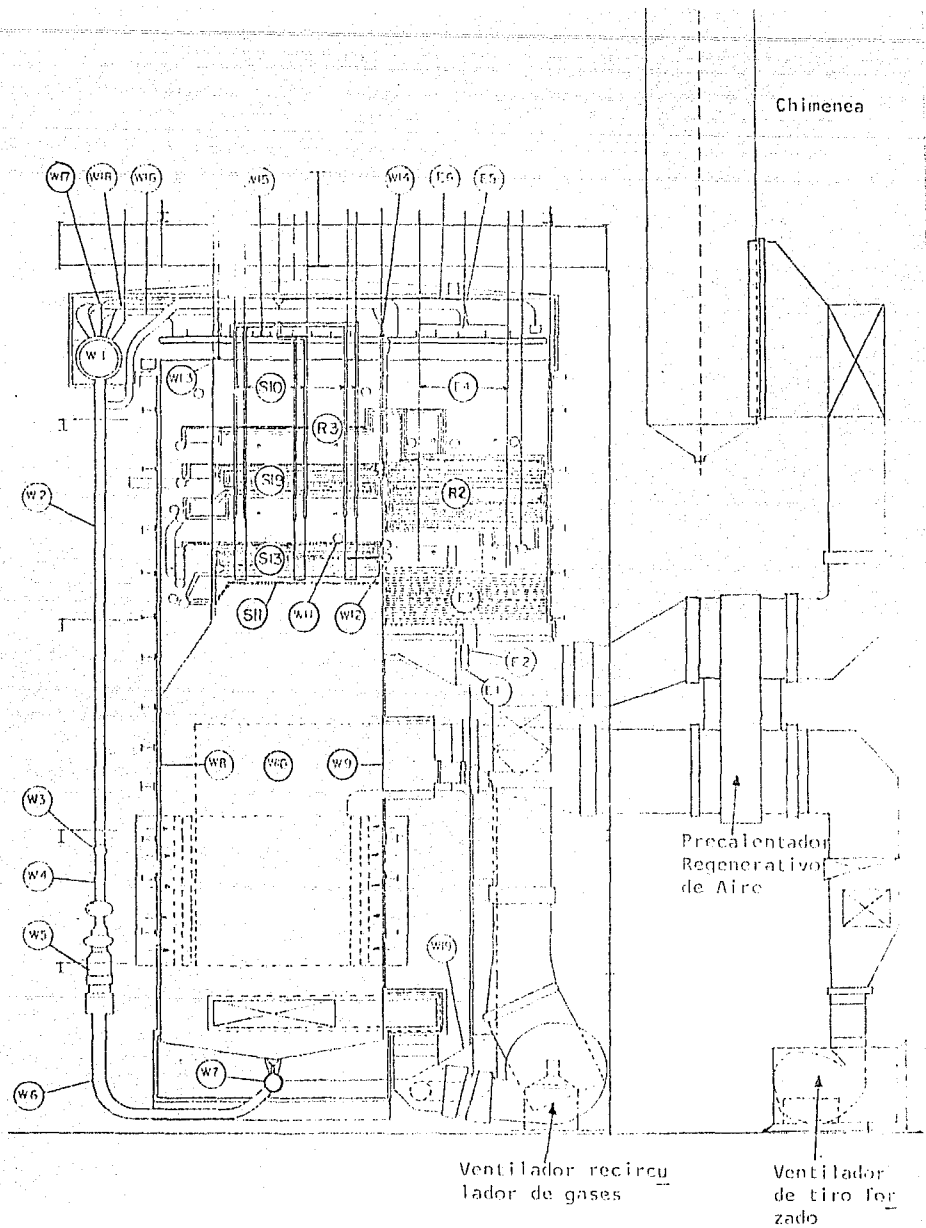


FIGURA 2.7 Arreglo esquemático mostrando todos los elementos del generador de vapor unidades 1 y 2 CT. Manzanillo.

(RCBT), el de alta temperatura (RCAT) y saliendo de este a 540.5°C rumbo a la turbina de presión intermedia.

La figura 2.7 muestra todos los elementos del generador de vapor de las unidades 1 y 2 de la C.T. Manzanillo, y la nomenclatura es la siguiente:

Tabla 2.8 Descripción de los elementos del circuito
agua vapor

No.	CANTIDAD	DIMENSIONES	LOCALIZACION
E1	1	355.6 mm DE	Tubería del agua de alimentación
E2	1	298.5 mm DE	Cabezal de entrada al economizador
E3	216	45.0 mm DE	Tubos del economizador
E4	216	42.7 mm DE	Tubos portantes del economizador
E5	1	267.4 mm DE	Cabezal de salida del economizador
E6	2	298.5 mm DE	Tubería de conexión salida economizador
W1	1	1,675.0 mm DE	Domo de vapor
W2	4	406.4 mm DE	Tubos bajantes
W3	1	558.0 mm DE	Cabezal de succión
W4	2	508.0 mm DE	Tubos de succión
W5	2	-	Bombas de circulación controlada
W6	4	406.4 mm DI	Tubos de descarga
W7	1	864.0 mm DE	Domo inferior o de suministro
W8	219	38.1 mm DE	Tubos de la pared frontal
W8	219	50.8 mm DE	Tubos de la pared frontal
W9	219	38.1 mm DE	Tubos de la pared posterior
W9	219	50.8 mm DE	Tubos de la pared posterior
W10	2 X 192	38.1 mm DE	Tubos de la pared lateral
W10	2 X 192	50.8 mm DE	Tubos de la pared lateral

Tabla 2.8 Descripción de los elementos del circuito
agua vapor (continuación)

No.	CANTIDAD	DIMENSIONES	LOCALIZACION
W11	1	50.8 mm DE	Tubo espaciador enfriado
W12	2	63.5 mm DE	Tubo de amarre caliente
W13	1	216.3 mm DE	Cabezal de salida de la pared frontal
W14	1	216.3 mm DE	Cabezal de salida de la pared posterior
W15	2	216.3 mm DE	Cabezal de salida de las paredes laterales
W16	14	139.8 mm DE	Tubos elevadores de la pared frontal
W17	18	139.8 mm DE	Tubos elevadores de la pared posterior
W18	2 X 12	139.8 mm DE	Tubos elevadores de la pared lateral
W19	1	76.3 mm DE	Tubos de recirculación del economizador
R2	108	57.1 mm DE	Tubos del recalentador de baja temperatura
R3	108	50.8 mm DE	Tubos del recalentador de alta temperatura
S10	108	38.1 mm DE	Tubos portantes del sobrecalentador de B.T.
S11	54	38.1 mm DE	Tubos del sobrecalentador de baja temperatura
S13	54	45.0 mm DE	Tubos del sobrecalentador de T.I.
S19	108	42.7 mm DE	Tubos del sobrecalentador de alta temperatura

Para las unidades 3 y 4 de Manzanillo y 5 de Tula, el vapor sale de las paredes de vapor frío, pasa por tuberías en cámara muerta al cabezal de entrada del SCRT, circula por él y sale a los tubos portantes ascendiendo hasta el cabezal de salida, de donde otra vez por cámara muerta se conduce al cabezal de entrada del SCTI, aprovechando este trayecto para atemperar al vapor en una primera etapa. La unidad 5 de Tula cuenta además con un banco aletado en

espiral, con arreglo alineado de tubos, localizado entre el recalentador de baja temperatura y el economizador, conectado al domo inferior y superior, para evaporar una mayor cantidad de líquido que en los otros diseños. Lo demás es idéntico a las unidades 1 y 2 descrito anteriormente.

2.3 RECORRIDO DE LOS GASES DE COMBUSTION

Los gases salen del hogar a 1381°C y el primer banco que atraviesan es el SCBT, luego una cavidad de 15 cm de alto (cavidad 1), el SCTI, la cavidad 2, el SCAT, la cavidad 3, el RCAT y la cavidad 4. A toda esta zona se le llama "de alta temperatura" porque en ella se encuentra el sobrecalentador y recalentador del mismo nombre. La cavidad 4 está delimitada por el RCAT, el techo, la pared frontal y la pared posterior ó cortina, por donde pasan los gases a la sección descendente ó de "baja temperatura", denominada así porque en ella se encuentra el recalentador de baja temperatura.

Los gases entran a la cavidad 5, luego al RCBT, cavidad 6, y economizador. Salen de éste último a 360°C aproximadamente, pasando un 20% al ventilador recirculador de gases al hogar y el 80% restante a los precalentadores regenerativos de aire, de donde salen a la atmósfera vía la chimenea.

Para las unidades 3 y 4 de Manzanillo y 5 de Tula el recorrido de los gases es el mismo, con la diferencia de que los precalentadores regenerativos de aire son verticales, mientras que en las unidades 1 y 2 son horizontales. Para la unidad 5 de Tula se tiene el evaporador

entre el RCBT y el ECO, lo que genera a las cavidades 6 y 7.

2.4 GENERADOR DE VAPOR LIMPIO

La transferencia de calor se inicia para este trabajo en particular con el cálculo de la radiación del hogar hacia los bancos sobrecalentadores y recalentadores de vapor, tomando como datos las temperaturas de diseño para los gases a la salida del último nivel de quemadores y a la salida del hogar. Para calcular el calor absorbido por convección en los bancos de tubos se supone un valor inicial para la temperatura y presión del vapor a la entrada y salida del sobrecalentador de baja temperatura (SCBT), calculando la caída de temperatura del gas de tal forma que el calor cedido por éste sea igual al absorbido por el vapor, por otro lado, se calcula la transferencia global de calor como $Q = U \times A \times \Delta T_{LM}$ y si no es igual al anterior, se modifica entonces la temperatura y presión del vapor a la salida y se repite el cálculo, así sucesivamente hasta que el calor cedido por los gases de combustión sea igual o por lo menos dentro de un cierto límite al calor absorbido por el vapor. En la misma zona del SCBT se hace un análisis similar para los tubos portantes, y por último, para la pared de agua, donde la temperatura y presión de la mezcla líquido-vapor son los correspondientes a la saturación, siendo importante aquí la cantidad de vapor generado. Se continúa con el cálculo para los demás bancos y cavidades hasta salir del economizador, si no se cumple con los valores de temperatura y presión a la salida del sobrecalentador y recalentador de alta temperatura, a

la entrada al RCBT y ECO, con la temperatura de los gases a la salida del ECO y con el balance de energía y masa de todo el generador de vapor, se modifica la temperatura y presión del vapor a la salida del SCBT y se repite todo el cálculo, así sucesivamente hasta cumplir con las condiciones anteriores ó por lo menos dentro de un porcentaje de aproximación mínimo establecido. Las figuras 2.9 y 2.10 muestran los diagramas de bloques resumidos del programa de cálculo empleado.

Se calculó la transferencia de calor y temperatura de metal para tres diseños de generadores de vapor de 300 MW., los cuales comprenden las unidades 1-2, 3-4 de la Central Termoeléctrica de Manzanillo, Colima y la unidad 5 de Tula, Hidalgo.

Se diseñó un programa de cómputo con cinco subrutinas que se pueden acoplar a cualquier diseño de generador de vapor. Como los cálculos son repetitivos para todos los bancos y cavidades, se creó una subrutina paquete llamada QLISO que sirve para calcular la transferencia de calor y la temperatura de metal en todos los bancos y cavidades, considerando las alternativas posibles como son: tubos lisos o aletados, la fase del fluido en el interior de los tubos (vapor, líquido y mezcla líquido-vapor), la dirección de los gases de combustión con respecto al fluido en el interior de los tubos, y con respecto a la posición de los mismos, el arreglo de tubos en los bancos (alineados o escalonados), etc.

La subrutina FUNCIONES calcula las propiedades termodinámicas y de transporte del vapor de agua y los gases de combustión, así como la caída de presión por fricción del vapor en los tubos.

La subrutina QTRAN es la encargada de ir llamando a la QLISO para hacer los cálculos iterativos en los bancos y cavidades y cambiar los valores de salida a los valores de entrada al siguiente elemento. Liga también a la subrutina ATEMPER para hacer un balance de energía y masa en los atemperadores situados entre los bancos sobrecalentadores de baja, intermedia y alta temperatura.

El programa principal TRANSCAL acopla a todas las subrutinas y hace las modificaciones de temperatura y presión del vapor a la entrada del SCRT para la siguiente iteración, controlando el número de veces que se llama a las subrutinas.

La subrutina SCRI crea el formato de impresión de resultados.

Para un generador de vapor limpio se hicieron las siguientes suposiciones:

- El flujo de gases es perpendicular a los tubos de los serpentines.
- La temperatura de los gases es uniforme.
- No se considera importante la caída de presión en los gases.

- El factor de ensuciamiento externo, así como el interno, son despreciables.

La tabla 2.11 muestra los datos de diseño que proporciona el fabricante y que fueron tomados para el cálculo de la transferencia de calor considerando el generador de vapor limpio.

Tabla 2.11 Parámetros de diseño

PARAMETRO	CTE. MANZANILLO		CTE. TULA
	U-1 Y 2	U-3 Y 4	U-5
	ECR	ECR	ECR
<u>FLUJO DE VAPOR Y AGUA DE ALIMENTACION (T/H)</u>			
SALIDA FLUJO DE VAPOR DEL SOBRECALENTADOR	912.75	907.60	913.13
SALIDA FLUJO DE VAPOR DEL RECALENTADOR	807.48	802.78	809.24
FLUJO AGUA ATEMPERACION AL SC	44.41	28.85	11.44
FLUJO AGUA ALIM ENTRADA AL ECO	901.10	930.51	935.00
<u>PRESIONES (KG/CM² MAN)</u>			
SALIDA DEL SC.	174.69	174.20	175.90
PRESION DEL DOMO	185.80	184.50	186.30
ENTRADA ECONOMIZADOR	187.60	186.70	188.50
ENTRADA DEL RC.	40.00	39.60	39.80
SALIDA DEL RC.	38.04	37.70	37.80
<u>TEMPERATURAS (°C)</u>			
TEMPERATURAS DE AGUA DE ALIMENTACION Y VAPOR			
ENTRADA ECO. AGUA ALIM	249.00	240.00	249.00
SALIDA ECO. AGUA ALIM	312.00	327.00	308.00
SALIDA DE VAPOR DEL SC	540.55	540.55	540.60
ENTRADA DE VAPOR AL RC	342.00	341.60	342.70
SALIDA DE VAPOR DEL RC	540.55	540.55	540.60

Tabla 2.11 Parámetros de diseño (continuación)

PARAMETRO	CTE. MANZANILLO		CTE. TULA
	U-1 Y 2	U-3 Y 4	U-5
	ECR	ECR	ECR
<u>FLUJO DE AIRE (T/H)</u>			
AIRE DESCARGA DEL VTF	1070.10	1057.70	1048.50
AIRE ENTRANDO AL PRECA	1050.40	1038.30	1029.00
AIRE SALIENDO DEL PRECA	964.20	952.10	955.50
FUGAS DE AIRE EN PRECAS	86.20	86.20	73.50
<u>TEMPERATURAS DE AIRE(°C)</u>			
TEMP. AIRE AMBIENTE	26.50	26.50	24.40
ENTRADA AIRE AL PRECA	73.00	73.00	73.00
SALIDA AIRE DEL PRECA	288.00	324.00	299.00
<u>FLUJO DE GASES (T/H)</u>			
GASES SALIDA DEL HOGAR	1254.60	1310.60	1309.40
RECIRCULACION DE GASES	202.50	271.70	266.70
GASES ENTRANDO AL PRECA	1052.10	1038.90	1042.70
GASES SALIENDO DEL PRECA	1138.30	1125.10	1116.20
<u>TEMPERATURA DE GASES(°C)</u>			
SALIDA GASES DEL HOGAR	1381.00	1360.00	1354.00
ENTRADA GASES AL ECO	538.00	617.00	510.00
ENTRADA GASES AL PRECA	337.00	367.00	344.00
SALIDA GASES DEL PRECA (SIN CORREGIR FUGAS)	153.00	153.00	153.00
SALIDA GASES DEL PRECA (CORRIGIENDO FUGAS)	148.00	148.00	148.00
<u>FLUJO DE COMBUSTIBLE (T/H)</u>	68.24	67.67	67.88
<u>EXCESO DE AIRE (%)</u>			
A LA SALIDA DEL HOGAR	5.00	5.00	5.00
A LA SALIDA DEL ECO	5.00	5.00	5.00
A LA SALIDA DEL PRECA	14.20	14.00	12.90
<u>PERDIDA TOTAL DE CALOR EN (%)</u>	11.06	11.06	11.66
<u>EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR EN (%)</u>	88.94	88.94	88.34

2.5 RESULTADOS

En el apéndice A se encuentran los resultados obtenidos por el programa de cálculo para los tres diseños de generadores de vapor funcionando a una carga de 300 MW (ECR = economic continuous rating), anotando para la entrada y salida de cada banco ó cavidad : la temperatura de los gases de combustión y la temperatura y presión del vapor. Se calculó además para cada banco ó cavidad : el gasto de vapor, el calor absorbido por el vapor, la temperatura externa de metal (puntual) del primer tubo del banco al flujo de gases a 20 cm de la pared frontal, la temperatura promedio (puntual) del primer tubo, la temperatura promedio de metal del banco (la que utilizó el programa en el cálculo de la transferencia de calor), la temperatura externa de metal (puntual) del último tubo al flujo de gases y el área de calefacción. Los resultados se enlistan para los bancos de tubos (serpentines), tubos portantes y paredes. Del SCBT a la cavidad 4 son tres columnas: serpentín, portante y pared. De la cavidad 5 al economizador son cuatro columnas: serpentín, portante, pared y pared posterior porque en cada uno de ellos es diferente la dirección del flujo y la fase en cada elemento. En el diseño de Tula 5 en el mismo recorrido anterior se encuentran cinco columnas: serpentín, portantes del economizador, portantes del evaporador, pared y pared posterior, pues esta unidad cuenta con el evaporador entre el RCBT y economizador conectado a los domos inferior y superior, lo que genera a la cavidad 7 y a los tubos portantes del evaporador.

En la tabla 2.12 se resumen los resultados del calor absorbido por los serpentines, portantes, pared y pared posterior para los tres diseños

considerados. Se puede apreciar que en los serpentines SCBT y SCTI las unidades 3 y 4 de Manzanillo absorben más calor, mientras que en el SCAT son las unidades 1 y 2, en los recalentadores de alta y baja temperatura la unidad 5 de Tula tiene el más alto valor, observándose también en esta unidad que el evaporador ayuda al economizador para que éste no se sobrecargue como en las unidades 3 y 4. La unidad 5 de Tula es la que absorbe la mayor cantidad de calor en los serpentines y casi igual que las unidades 1 y 2 en los tubos portantes, teniendo menor cantidad de elementos que los otros dos diseños.

En la figura 2.13 se grafica la temperatura de los gases de combustión contra su recorrido en el generador de vapor, observándose que la unidad 5 tiene una mejor distribución y el más bajo valor en la salida del economizador. Los dos diseños de Manzanillo no tienen evaporador ni cavidad 7 por eso aparece la temperatura constante en esa zona. En las unidades 1 y 2 se aprecia una disminución mayor en la temperatura de los gases en el SCAT y el RCBT, y en 3 y 4 se observa para el SCBT, SCTI y el economizador.

Las figuras 2.14 y 2.15 representan gráficamente la transferencia de calor en los tres diseños observándose que la mayor cantidad de calor absorbido está en el economizador de las unidades 3 y 4 (el 27 %) y que la distribución intermedia entre los dos diseños de manzanillo es la unidad 5 de Tula.

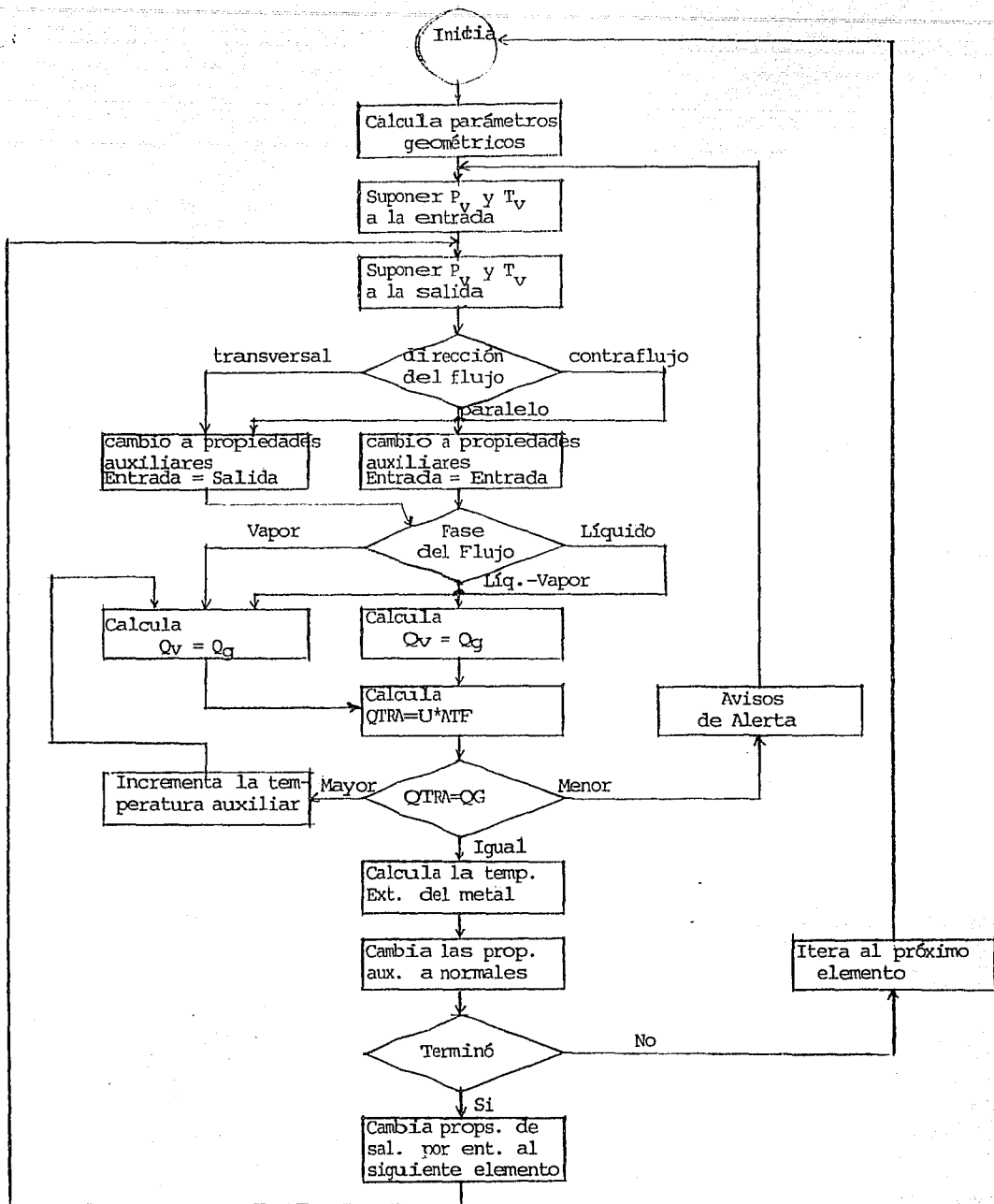


FIGURA 2.9 Diagrama de bloques (resumido) para el cálculo de la transferencia de calor y temperatura de metal.

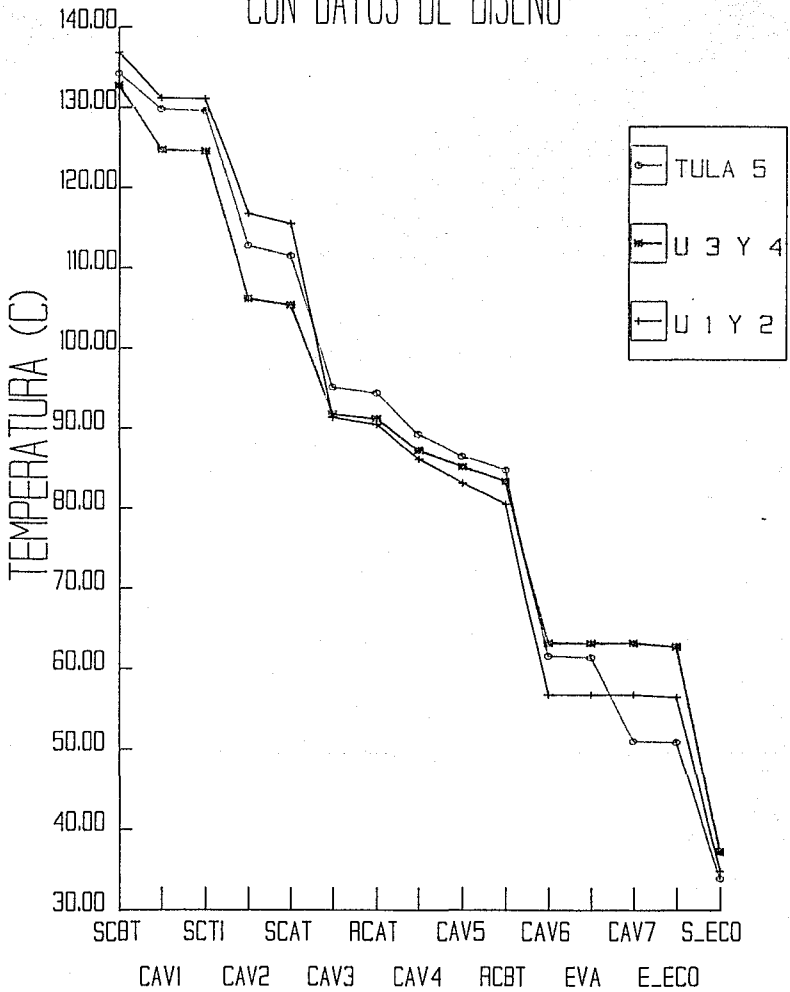
TABLA 2.12 CALOR ABSORBIDO EN MW.

UNIDADES FUNCIONANDO CON DATOS DE DISEÑO (LIMPIAS)

	SERPENTIN			PORTANTE			PARED			POSTERIOR		
	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS
SC BT	38.54	52.42	30.51	0.00	0.00	0.00	0.38	0.55	2.08			
CAVIDAD 1	0.00	0.00	0.00	1.23	0.71	2.40	0.33	0.36	0.62			
SC TI	71.51	90.97	97.94	1.37	3.39	2.11	2.57	2.13	2.57			
CAVIDAD 2	0.00	0.00	0.00	1.98	2.44	3.93	4.44	1.61	2.90			
SC AT	14.85	65.52	81.61	5.03	2.45	2.81	2.17	1.54	1.90			
CAVIDAD 3	0.00	0.00	0.00	2.96	1.85	2.29	1.38	1.23	1.5			
RC AT	20.18	18.50	25.51	0.59	0.61	0.61	0.30	0.51	0.4			
CAVIDAD 4	0.00	0.00	0.00	6.94	4.57	6.75	5.61	3.37	4.41	2.39	2.47	2.73
CAVIDAD 5	0.00	0.00	0.00	3.72	3.65	3.34	6.68	1.81	2.32	2.34	3.83	1.56
RC BT	07.59	95.17	112.374	2.13	1.59	1.13	1.43	0.70	0.79	0.85	0.67	0.54
CAVIDAD 6	0.00	0.00	0.00	0.84	1.52	0.33	0.31	0.33	0.21	0.20	0.24	0.14
EVAPORADOR			49.36			0.15			0.1			0.07
CAVIDAD 7			0.00			0.29			0.17			0.11
ECONOMIZADOR	95.76	117.09	78.20	0.00	0.00	0.00	0.63	0.17	0.20	0.52	0.15	0.17
TOTAL	448.43	439.73	465.50	26.89	22.78	26.14	26.23	14.31	20.17	6.3	7.36	5.32

FIG. 2.13
E+1

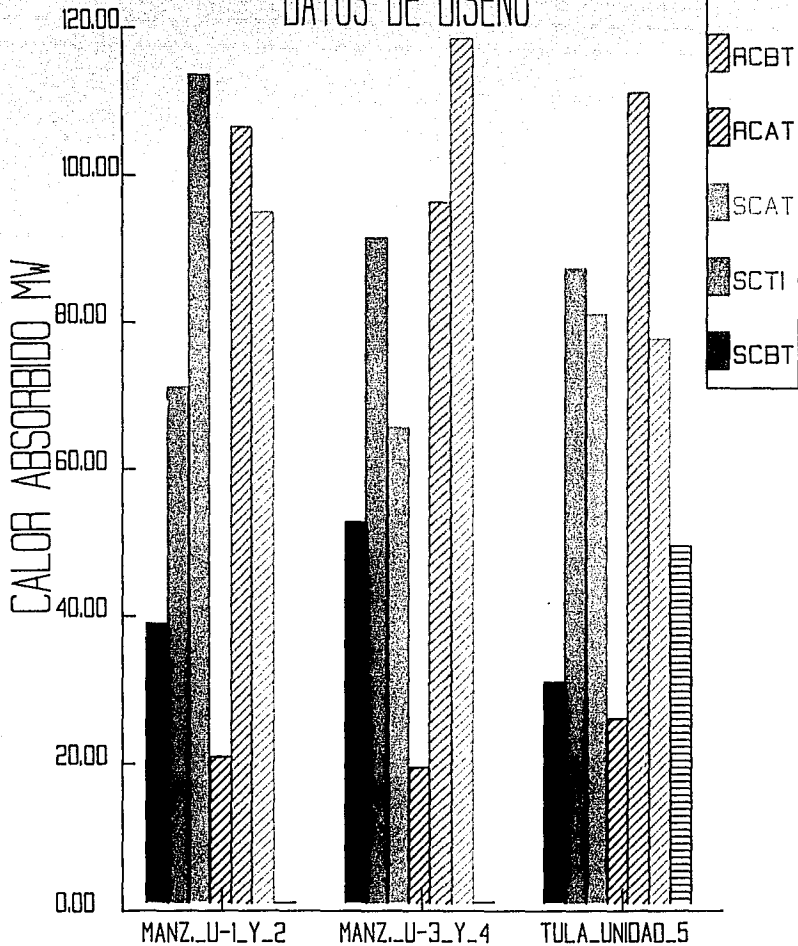
COMPORTAMIENTO TEMP. DE GASES CON DATOS DE DISEÑO



RECORRIDO DE LOS GASES

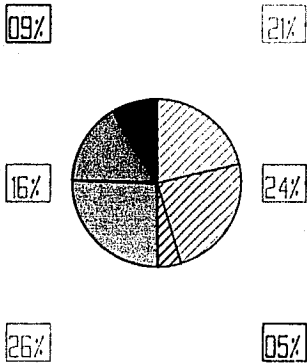
FIGURA 2.14

TRANSFERENCIA DE CALOR DATOS DE DISEÑO

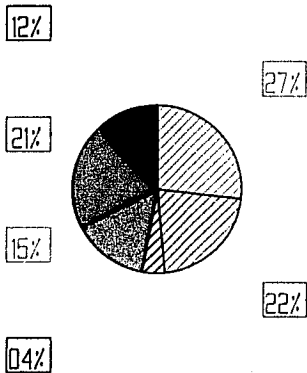


BANCOS DE TUBOS

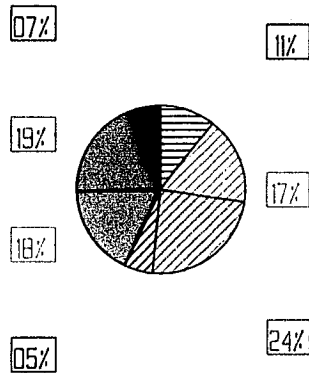
FIGURA 2.15 TRANSFERENCIA DE CALOR
DATOS DE DISEÑO



MANZ_U-1_Y_2



MANZ_U-3_Y_4



TULA_UNIDAD_5

CAPITULO 3

ENSUCIAMIENTO

3.1 GENERALIDADES

Uno de los problemas más grandes en los generadores de vapor de centrales termoeléctricas de C.F.E. que consumen combustóleo es el ensuciamiento producido por los gases de combustión sobre las paredes y bancos de tubos. El efecto principal que produce es el incremento de la caída de presión de los gases, la disminución de la transferencia de calor y por lo tanto, mayores pérdidas de energía; como consecuencia de lo anterior se tiene un mayor costo de mantenimiento y pérdidas de generación al requerir mantenimientos más frecuentes, además de que el ensuciamiento siempre se encuentra acompañado de problemas severos de corrosión y erosión.

El ensuciamiento ocurre cuando el combustóleo se quema y los gases de combustión pasan a través de los bancos de tubos y superficies de transferencia de calor. Los gases de combustión generalmente contienen cenizas, hidrocarburos no quemados y elementos como sodio, azufre, vanadio, potasio, calcio y magnesio todos productores en potencia de depósitos y escorias. Las impurezas en la corriente de

gases pueden encontrarse como vapor, gotas de líquido o partículas sólidas, que al pasar por las superficies de calefacción estas substancias se depositan en ellas adhiriéndose fuertemente y ayudando a incrementar el espesor del ensuciamiento.

La forma e iniciación del ensuciamiento es función de varios factores, entre ellos las impurezas del combustible; las condiciones de la superficie, tales como material, acabado, rugosidad, limpieza, temperatura, etc.; y el transporte a ella que es un fenómeno complejo, pues parte del proceso puede ocurrir por difusión, electrofóresis, termofóresis, sedimentación, reacciones químicas, impacto inercial, arrastre turbulento o difusiofóresis[1], entre otros, siendo difícil su análisis porque siempre se presentan a la vez dos o más de ellos interactuando entre sí. Del lado de los gases de combustión no existe información suficiente como la hay para el circuito agua-vapor y para los cambiadores de calor de tubos y coraza que manejan agua como fluido sucio por el lado de los tubos. Sin embargo, a éste tipo de ensuciamiento por el lado de los gases se le ha clasificado como particular debido a la cantidad de partículas sólidas, líquidas y en forma de vapor que contiene la corriente gaseosa [2 - 6].

3.2 CLASIFICACION DEL ENSUCIAMIENTO

La mayoría de los mecanismos de ensuciamiento son más conocidos para los líquidos que para los gases, por tal motivo el ensuciamiento térmico es clasificado por la mayoría de los trabajos desarrollados en este campo para la interfaz líquido-sólido como prototipo.

La clasificación se basa en los procesos fisicoquímicos esenciales al fenómeno de ensuciamiento en particular, y las cinco categorías identificadas por varios investigadores [2-9] son:

Ensuciamiento por :

1. Cristalización
(a) Precipitación
(b) Solidificación
2. Acumulación de Partículas
3. Reacciones químicas
4. Corrosión
5. Organismos biológicos

1a.- PRECIPITACION

Es la cristalización de sustancias disueltas en la corriente, generalmente sales, sobre la superficie de transferencia de calor. También se le conoce como incrustación. La precipitación puede ocurrir en superficies más frías o más calientes que el fluido, generalmente líquido, y es más severo en condiciones de ebullición(s). Un caso típico es el ensuciamiento por el interior de los tubos en un generador de vapor, frecuentemente por carbonato de calcio.

1b.- SOLIDIFICACION

Generalmente es el congelamiento de un liquido puro sobre una superficie de calefaccion. Un ejemplo es la congelación del oxígeno durante su procedimiento de licuefacción, ó la solidificación de la cera (parafina) sobre los tubos de un intercambiador de calor para soluciones de hidrocarburos usados en las refinarias.

2.- ENSUCIAMIENTO POR ACUMULACION DE PARTICULAS.

Es la acumulación de partículas muy finas, suspendidas en la corriente, sobre la superficie de intercambio de calor. Cuando el efecto importante es la aceleración de la gravedad, se le llama ensuciamiento por sedimentación. Como ejemplo del ensuciamiento por acumulación de partículas se encuentra el depósito por el lado de gases de combustión en un generador de vapor, en los alabes de una turbina de gas, en condensadores y cambiadores de calor.

3.- REACCIONES QUIMICAS

Se le conoce como ensuciamiento por reacciones químicas a la formación de depósitos en la superficie de calefaccion por este medio, la superficie no interacciona con el depósito o ayuda a la formación de éste. Un ejemplo de este tipo de ensuciamiento es en los cambiadores de calor de las refinarias del petróleo, la polimerización de los compuestos no quemados en la combustión del combustóleo.

4.- CORROSION

Se presenta este efecto cuando el material de la superficie reacciona con compuestos del fluido para producir depósitos o degradar al material. Como ejemplo se encuentra la corrosión provocada por los depósitos y por el medio agresivo en el lado de gases de combustión de una caldera y en una turbina de gas, así como la provocada por el lado del agua y vapor (interior de los tubos) en un generador de vapor.

5.- ENSUCIAMIENTO BIOLÓGICO

Cuando se adhieren a la superficie de calefacción macro-organismos y/o micro-organismos. Ejemplo de este tipo de ensuciamiento es el formado en los ductos y tubos del condensador del circuito de agua de circulación de una central termoeléctrica ya sea por agua de mar, río o sistema de torre de enfriamiento.

El ensuciamiento de un equipo en particular puede tener varias formas de esta clasificación, y algunas tal vez que no se identifican con facilidad o tienen ambigüedades, por lo que deben analizarse detalladamente. Esta clasificación ha servido para separar los procesos complicados reales en módulos que pueden ser estudiados en forma separada unos de otros, permitiendo una mejor apreciación de su comportamiento y logrando esclarecer en parte lo que antes no se entendía del ensuciamiento.

3.3 MEDICION DEL ENSUCIAMIENTO

El efecto del ensuciamiento sobre una superficie de calefacción puede expresarse como una resistencia térmica (figura 3.1) dada por:

$$R_f = \frac{x}{k_f} = \frac{m}{\rho_f k_f}$$

donde x , k_f , m y ρ_f son el espesor, la conductividad térmica, la masa por unidad de área y la densidad del depósito, respectivamente.

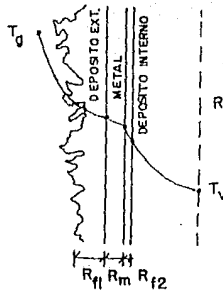


FIGURA 3.1
RESISTENCIA TERMICA

Figura 3.1 Resistencia térmica provocada por el depósito externo, el metal y el depósito interno en una tubería.

Considerando que la conductividad térmica no cambia con el tiempo, ni con el espesor, la rapidez del ensuciamiento será:

$$\frac{dR_f}{dt} = \frac{1}{k_f} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\rho_f k_f} \frac{dm}{dt}$$

Es difícil conocer la conductividad térmica y el espesor del depósito en un equipo que se encuentra funcionando, o aún cuando sale a mantenimiento porque puede haber lugares inaccesibles para su inspección; sin embargo, si se conocen puede calcularse la resistencia térmica usando las definiciones anteriores, si no, entonces es necesario conocer las temperaturas de la superficie del tubo en condiciones limpias y sucias, así como la temperatura del fluido para calcular el calor cedido al tubo por unidad de área, de tal forma que la resistencia térmica inicial estará dada por:

$$\frac{1}{U_0} = \frac{T_g - T_{p0}}{\dot{q}}$$

Y si se considera constante el calor por unidad de área, en condiciones sucias la resistencia térmica será:

$$\frac{1}{U} = \frac{T_g - T_p}{\dot{q}}$$

Donde T_{p0} es la temperatura de la pared externa del tubo en condiciones limpias y T_p en condiciones sucias, T_g es la temperatura del gas y \dot{q} el calor por unidad de área cedido por el gas al tubo.

$$R_f = \frac{1}{U} - \frac{1}{U_o} = \frac{(T_g - T_p) - (T_g - T_{p0})}{\dot{q}} = \frac{T_{p0} - T_p}{\dot{q}}$$

Puede ser que para flujos turbulentos y depósitos de muy poco espesor pero rugosos R_f tenga valores pequeños o inclusive negativos porque la rugosidad ayuda a incrementar la transferencia de calor por convección entre la superficie y el fluido, contrarrestando el aumento de resistencia debida al depósito.

3.4 MECANISMO O ETAPAS DEL ENSUCIAMIENTO

Para todas las categorías de ensuciamiento, Epstein[3,4] define cinco etapas que comúnmente ocurren en cualquier situación y son:

- (a) Iniciación
- (b) Transporte
- (c) Fijación
- (d) Remoción
- (e) Envejecimiento.

INICIACION

Está asociada con el tiempo que tarda el sistema en variar a causa de la resistencia térmica del ensuciamiento. Muchas veces el ensuciamiento tarda un tiempo en formarse, tiempo en el que está ocurriendo una nucleación, inducción o incubación, de partículas, sales, etc., es decir se está acondicionando la superficie para que se adhiera y crezca el ensuciamiento.

TRANSPORTE

El transporte es la etapa más desconocida del ensuciamiento porque existen varios fenómenos de transporte a la vez, aunque los más importantes tienen que ver con la transferencia de masa.

FIJACION

De las partículas transportadas por la corriente no todas se adhieren a la superficie y cohesionan entre sí, y las que lo hacen es mediante una continuación de los fenómenos de transporte aunado a fuerzas de

superficie y propiedades de las partículas como densidad, elasticidad, condiciones superficiales, etc.

REMOCION

Según modelos propuestos por Epstein [4] y Taborak et al. [10], puede existir una etapa en la que se lleve a cabo acumulación y remoción a la vez. La remoción (pequeños desprendimientos) es provocada por mini-vórtices formados de pequeñas erupciones turbulentas en la superficie [16] y de procesos provocados por fuerzas cortantes de origen viscoso, así como erosión. La remoción solo puede ocurrir en flujos turbulentos.

ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento del ensuciamiento inicia tan pronto como el depósito se adhiere a la superficie de transferencia de calor. Los procesos de envejecimiento pueden incluir cambios en la estructura ya sean químicos (por deshidratación) y de cristalización (por polimerización), principalmente, y si aunado a estos cambios permanece constante el flujo de calor, puede repercutir en un crecimiento del depósito y en consecuencia mayor adhesión a la superficie. Por el contrario, pueden existir cambios degradantes en la estructura cristalina y composición química del depósito que lo van debilitando hasta que es desprendido por el flujo turbulento y ya no vuelve a adherirse a la superficie.

3.5 MODELOS DE ENSUCIAMIENTO

Se han propuesto muchos posibles mecanismos para explicar como el ensuciamiento que viaja en el fluido se adhiere a las superficies de transferencia de calor. El primer modelo fué de Kern y Seaton en 1959

[9] que presentó las bases para la teoría del ensuciamiento en equipo de transferencia de calor, basado en acumulación y remoción como:

$$\frac{dR_f}{dt} = \frac{1}{k_f} \frac{dx_f}{dt} = \phi_d - \phi_r \quad (1)$$

Donde dR_f/dt es la variación con el tiempo de la resistencia térmica provocada por el ensuciamiento; dx_f/dt es la variación con el tiempo del espesor de conductividad térmica k_f ; ϕ_d es la rapidez de acumulación y se considera constante bajo iguales condiciones de flujo, temperatura y tipo de fluido. ϕ_r es la rapidez de remoción y se considera proporcional al espesor del depósito, x_f y al esfuerzo cortante, τ , en la interfaz fluido-depósito.

Fué hasta 1972 que Taborék et al. [10] publicaron la primera investigación sistemática y formal del ensuciamiento aplicado a equipo industrial, sirviendo al mismo tiempo de estímulo para todos los investigadores relacionados con los equipos de transferencia de calor, no solo por el título "Ensuciamiento - el mayor problema no-resuelto

en "transferencia de calor", sino también por el contenido sustancial del mismo. A partir de entonces creció en forma exponencial la literatura en este campo, aunque según Epstein[3] en 1982 existían todavía muchos tipos y procesos de ensuciamiento sin resolver.

El modelo de Taborek et al. [10] toma como base al de Kern Seaton et. (1) para incluir varios tipos de acumulación y remoción. La rapidez de acumulación se presenta como:

$$\phi_d = C_1 P_d \Omega^n \exp\left(\frac{-E}{R T_s}\right) \quad (2)$$

Donde C_1 es una constante; P_d es un factor probabilístico de acumulación relacionado con la velocidad y adhesión del depósito; Ω^n es un factor que refleja la pureza del fluido; y $\exp(-E/RT_s)$ es la relación de reacción de Arrhenius donde E es la energía activa, R es la constante del gas y T_s es la temperatura absoluta en la superficie del depósito.

La función de remoción es:

$$\phi_r = \frac{C_2 \tau x}{\psi} \quad (3)$$

Donde C_2 es una constante, τ es el esfuerzo cortante que ejerce el fluido sobre la superficie del depósito, x es el espesor y ψ la dureza del depósito.

Sustituyendo en la ecuación (1) de Kern-Sector, e integrando se obtiene:

$$R_f = \frac{C_1 P_d \Omega^n \psi}{C_2 \tau k_f} \exp\left(\frac{-E}{R T_s}\right) \left(1 - \exp\left(\frac{C_2 \tau k_f t}{\psi}\right)\right) \quad (4)$$

Y para tiempos grandes:

$$R_f = \frac{C_1 P_d \Omega^n \psi}{C_2 \tau k_f} \exp\left(\frac{-E}{R T_s}\right) \quad (5)$$

Donde T_s , P_d , Ω^n , τ y ψ se consideraron constantes para una capa de ensuciamiento y pueden variar con la pureza y tipo de fluido. La ecuación (4) es exponencial en el tiempo y es el primer modelo que considera los mecanismos básicos de los procesos que ocurren durante la acumulación y desprendimiento a la vez.

Otro modo de expresar el modelo de Tabor et al. [10] es por medio de la masa por unidad de área, de la siguiente manera:

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_d - \dot{m}_r = \dot{m}_d - \frac{C_2 \tau m}{\psi} \quad (6)$$

Integrando la ecuación (6) con condiciones iniciales $t=0$; $m=0$ y suponiendo que las únicas variables durante el proceso de ensuciamiento son t y m se obtiene la ecuación:

$$m = m^* \left(1 - \exp \left(\frac{-t}{t_c} \right) \right) \quad \text{--- (7)}$$

Donde m^* es el valor asintótico de la masa por unidad de superficie y el tiempo t_c estará dado por:

$$t_c = \frac{m}{\dot{m}_r} = \frac{m^*}{\dot{m}_d} = \frac{\psi}{C_2 \tau} \quad \text{--- (8)}$$

t_c puede interpretarse como el tiempo de residencia promedio de un elemento de depósito en la superficie de transferencia de calor, ó como el tiempo que tardaría en alcanzarse la acumulación asintótica del depósito m^* si el ensuciamiento se comportara linealmente durante el inicio de rapidez de acumulación \dot{m}_d . si $t=t_c$ en la ec. (7) $m=0.632m^*$, por lo anterior, t_c es también el tiempo actual requerido para alcanzar el 63.2% del valor asintótico de resistencia térmica producida por el ensuciamiento (figura 3.2).

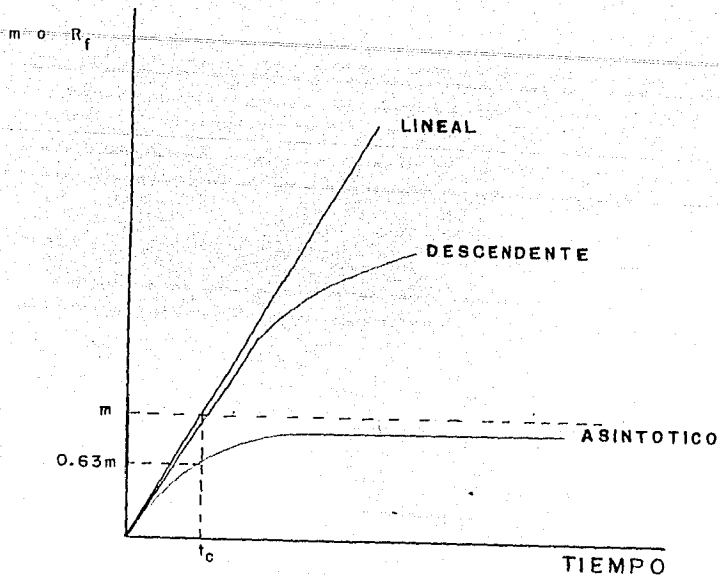


FIGURA 3.2 Curvas de los principales tipos de ensuciamiento y representación de la ecuación (7)

Los tipos de curvas experimentales para el ensuciamiento con respecto al tiempo son los que se muestran en la figura 3.2. Los tres comportamientos más importantes son: lineal, rapidez descendente y asintótico. El tipo asintótico es de mucha importancia práctica, pues es lo que se desea en todo equipo de intercambio de calor: posibilidad de operarlo indefinidamente sin ensuciamiento adicional ni mantenimientos frecuentes.

Cuando el proceso de transporte es principalmente la difusión, Epstein [3] propone el siguiente modelo para la rapidez de acumulación:

$$\dot{m}_d = K_t (C_b - C_s) \quad (9)$$

Donde K_t es un coeficiente de transporte equivalente al coeficiente de transferencia de masa K_m que puede ser calculado mediante correlaciones empíricas o ecuaciones teóricas para la transferencia de masa por convección forzada. C_b es la concentración de las partículas en el fluido y C_s es la concentración en la interfaz fluido depósito.

Y si el modelo se considera como una suspensión diluida de esferas, la difusividad Browniana D de las partículas está representada por la ecuación de Stokes Einstein:

$$D = \frac{K_B T}{3 \pi \mu d_p} \quad (10)$$

donde

K_B = Constante de Boltzmann ($=1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

T = Temperatura del fluido, K

μ = Viscosidad del fluido, Kg/m s

d_p = Diámetro de la partícula, m

Cuando el transporte se debe a fuerzas eléctricas de origen térmico se trata de termofóresis, y fué un aspecto al que no se le daba mucha importancia en la literatura del ensuciamiento por partículas. La termofóresis es un fenómeno en el cual el movimiento de las partículas (generalmente menores a 0.1 μm) hacia la superficie de calefacción resulta del flujo de calor, de ahí que también se le llame ensuciamiento por fuerzas térmicas y es un aspecto muy importante para todos los sistemas de combustión ya que éstos contienen áreas de altos gradientes térmicos en donde este tipo de acumulación por partículas es significativa. Contrariamente si la transferencia de calor es hacia los gases de combustión, la acumulación debida a la termofóresis puede ser despreciable.

Aunque el efecto termoforético es mucho mayor para gases, no debe despreciarse para líquidos con altos flujos de calor. Whitmore y Meisen[15] demostraron que la velocidad termoforética de partículas de tamaño micrométrico puede representarse mediante :

$$v_t = - \alpha \frac{v}{T} \nabla T \quad (11)$$

donde, para flujo continuo, el coeficiente α está dado por:

$$\alpha = \frac{C}{\left(\frac{k_p}{k}\right) + 2} \quad (12)$$

C = 0.26 para líquidos y 1.8 para gases.

k_p = Conductividad térmica de las partículas, W/m K

k = Conductividad térmica del fluido, W/m k

Whitmore y Meisen[15] derivaron una expresión general para la eficiencia de la acumulación por termofóresis en un sistema de intercambio de calor en términos de las temperaturas absolutas del fluido a la entrada y salida; la expresión es:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{T_{\text{salida}}}{T_{\text{entrada}}} \right)^{\alpha P_r} \quad (13)$$

que pueden dar una buena aproximación de la rapidez de acumulación.

Cuando los efectos de difusión molecular son dominantes, es decir, cuando existe un gradiente de concentración apreciable entonces se presenta la difusiofóresis[15] y la expresión para la eficiencia es:

$$\eta_d = 1 - \frac{\gamma_1 \text{ entrada}}{\gamma_1} \quad (14)$$

donde γ_1 es el coeficiente de difusión másica.

Si el sistema se encuentra bajo la influencia de un gradiente de concentración y un gradiente de temperatura entonces al efecto combinado de termo-difusión se le llama "efecto Soret"[16].

Esta breve revisión de la clasificación, mecanismo y modelos del ensuciamiento demuestra que el problema no es simple; por el contrario, se trata de fenómenos de transporte complejos aunados con

gradientes de temperatura considerables y variaciones del espesor con el tiempo. Sin embargo, se observa que existen varias investigaciones formales en este campo y que existe mucho interés en el tema.

El factor de ensuciamiento externo empleado en la transferencia de calor del siguiente capítulo se calculó experimentalmente, sin utilizar ningún modelo de los expuestos anteriormente.

A continuación se presenta una descripción del ensuciamiento en un generador de vapor de 300 MW para ayudar a explicar que se trata de un problema que no tiene un patrón establecido, que depende de muchos factores y que tiene efecto sobre la transferencia de calor.

3.6 ENSUCIAMIENTO EN UN GENERADOR DE VAPOR MHI-CE DE 300 MW POR EL LADO DE LOS GASES DE COMBUSTION.

INSPECCIONES REALIZADAS EN CAMPO

De acuerdo con proyectos realizados en el Instituto de Investigaciones Eléctricas [24, 25] para evaluar los beneficios del uso de aditivos a base de óxido de magnesio, dosificados a los generadores de vapor con el objeto de disminuir la corrosión de los componentes metálicos, se han realizado las siguientes inspecciones para las centrales termoeléctricas de Manzanillo, Col. y Tula, Hgo. cuando las unidades han salido a mantenimiento: unidad 5

Tabla 3.3 Inspecciones realizadas a los generadores de vapor considerados en este estudio

CT MANZANILLO				CT TULA
UNIDAD 1	UNIDAD 2	UNIDAD 3	UNIDAD 4	UNIDAD 5
JULIO 85	AGOSTO 85	JULIO 86	JUNIO 86	JUNIO 86
FERRERO 86	MARZO 86	ABRIL 87	ENERO 87	ABRIL 87
OCTUBRE 86	SEPTIEMBRE 86			

En base a estas inspecciones se puede decir que los tres diseños han presentado patrones diferentes entre si del ensuciamiento, y que éste depende de muchos factores entre los que destacan: características geométricas, combustible (pues el combustóleo usado siempre tiene contenidos de sodio, vanadio, magnesio, calcio y sílice, pero sus valores fluctúan mucho), operación, aditivos, tiempo de operación entre mantenimientos y el tipo de limpieza realizada en el mantenimiento anterior. A continuación se describe el patrón típico de ensuciamiento que se ha observado en el diseño de las unidades 1 y 2 de Manzanillo, comentándose posteriormente las diferencias con los otros dos diseños. Para una mejor descripción se divide al generador de vapor en las zonas siguientes:

- Hogar (ensuciamiento en el piso y paredes)
- Sobrecalentador de baja temperatura
- Sobrecalentador de temperatura intermedia

- Cavity 2
- Sobrecalentador de alta temperatura
- Cavity 3
- Recalentador de alta temperatura
- Cavity 4
- Cavity 5
- Recalentador de baja temperatura
- Cavity 6
- Economizador
- Precalentador regenerativo de aire

HOGAR

En el piso del hogar siempre existe una capa de 30 - 50 cms de espesor de escoria muy dura que tiene la apariencia de haber estado fundida. Sobre las paredes hasta una altura de 2 m aproximadamente el depósito es de 2 cm de espesor formando una capa que en ocasiones llega a tapar las lumbreras de los recirculadores de gases, esta capa es de color negro variando de tonalidades hasta un color gris claro. En la zona de quemadores el depósito es muy uniforme, delgado, de 2 a 3 mm de espesor, aunque entre los tubos a veces alcanza hasta 10 mm de espesor. El depósito en las paredes se caracteriza por ser una capa delgada sobre los tubos, muy adherida, dura y encima de esta capa incrustaciones pequeñas también difíciles de desprender, aumentando el depósito conforme va aumentando la altura, encontrándose tonalidades que van desde el gris hasta el café claro. Lo anterior se puede

apreciar en la figura 3.4.

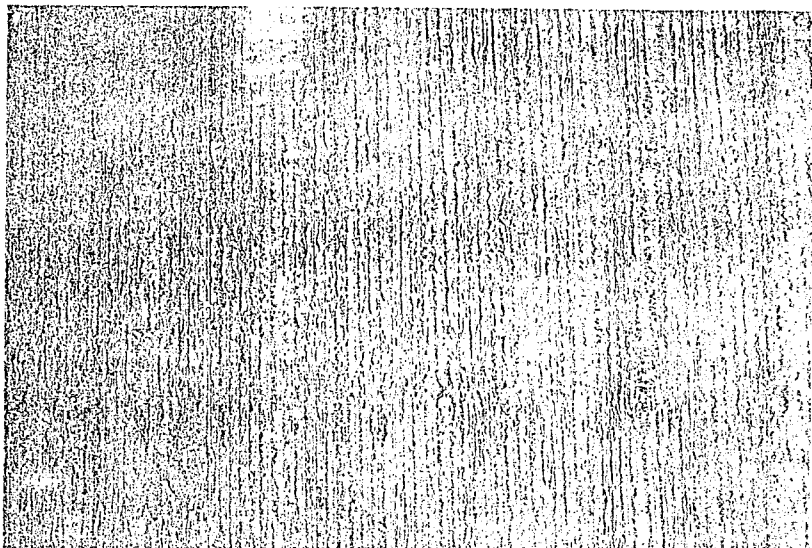


Figura 3.4 Aspecto de la pared frontal del hogar entre el primero y segundo nivel de quemadores.

SOBRECALENTADOR DE BAJA TEMPERATURA

Es el primer banco de tubos que se encuentran los gases de combustión y tal vez el banco al que se deposita mayor cantidad de escoria; en esta zona todo el depósito es muy grueso (alrededor de 2 a 3 cm). Con el generador de vapor en operación se aprecia al observar por una mirilla que el depósito adherido a la tubería está fundido, debido a la alta temperatura de los gases (1381°C), pero tiene características muy pegajosas y forma escurrida, pues cuando hay inestabilidad en el flujo se nota despreñamiento de partículas (figura 3.5) que son arrastradas por la corriente de gases a los

bancos superiores. En el banco el depósito es color gris y en las esquinas abarcando áreas considerables se encuentran casi tapados por dichos depósitos los espacios perpendiculares (entre tubos) al flujo de gases. Un aspecto durante el mantenimiento es el que se muestra en las figuras 3.6 y 3.7. Las paredes a ésta altura se encuentran con una gran cantidad de depósito e incrustaciones, como si fueran piedritas color rojo sobre la capa de escoria.

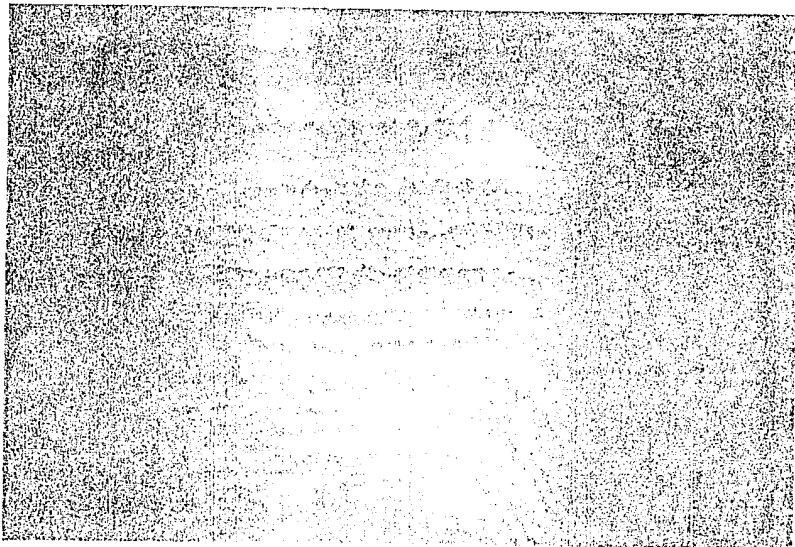


Figura 3.5 Depósitos fundidos en el sobrecalentador de baja temperatura (Generador de vapor en operación)

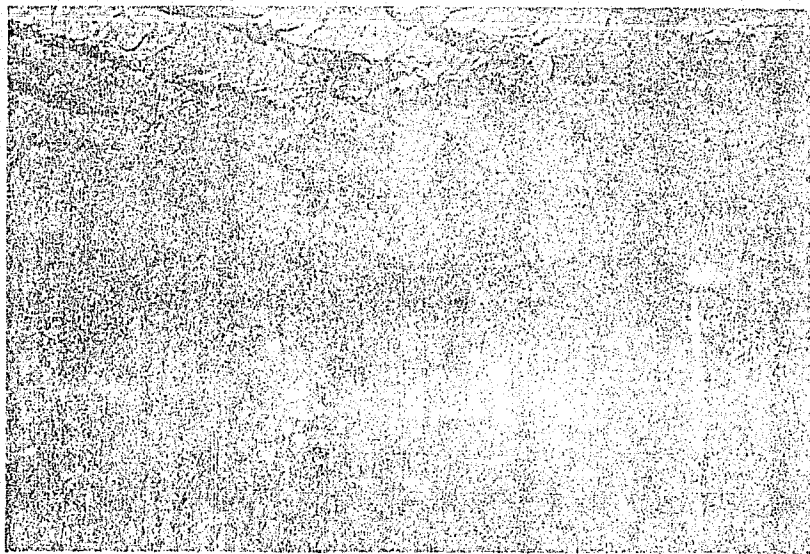


Figura 3.6 Vista de una sección del sobrecalentador de baja temperatura (unidad en mantenimiento)

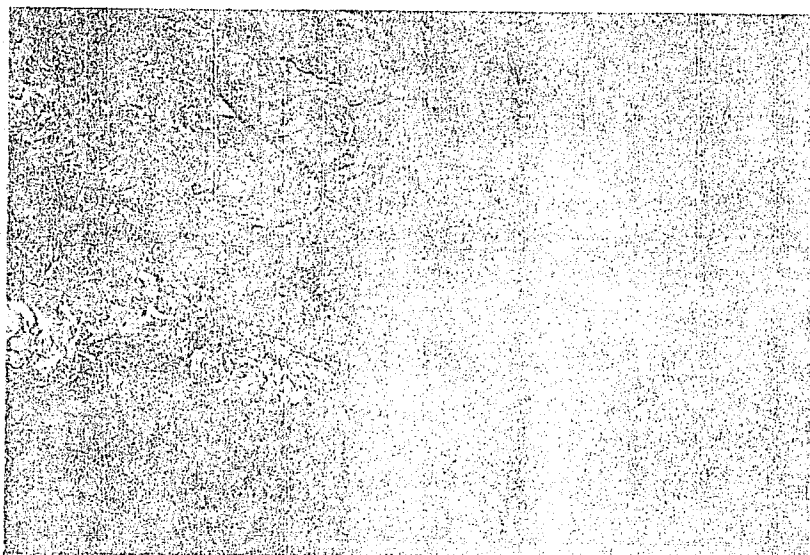


Figura 3.7 Vista de la sección cerca a la pared posterior en el sobrecalentador de baja temperatura

SOBRECALENTADOR DE TEMPERATURA INTERMEDIA

Este banco tiene la misma separación (perpendicular a los gases) entre tubos al SCBT y en ocasiones el ensuciamiento es en forma de capa muy delgada (alrededor de 2mm) pero muy adherida al tubo. Otras veces aparte de la capa delgada también tiene incrustaciones muy duras y formaciones más suaves que más si fueran hongos de estructura muy porosa, como se aprecia en la figura 3.8.



Figura 3.8 Depósitos típicos del sobrecalentador de temperatura intermedia

CAVIDAD 2

En esta zona los tubos portantes del sobrecalentador de baja temperatura se encuentran con una capa delgada de depósito fundido a la tubería, generalmente de color gris con tonos hasta el azul, mientras que las paredes muestran gran cantidad de depósito color amarillo con piedritas rojas muy duras incrustadas. En esta cavidad se encuentran 2 sopladores de hollín en cada pared lateral.

SOBRECALENTADOR DE ALTA TEMPERATURA

En este banco los espacios (entre tubos) perpendiculares al flujo de gases se reducen a la mitad de los del SCBT y SCTII, quiere decir que el número de serpentines en este banco es el doble que en los bancos anteriores. Por esta razón aquí se deposita escoria de gran espesor (figura 3.9) y con características de haber estado fundida y muy pegajosa pues los sopladores de hollín no logran desprenderla sino que la remueven a los tubos interiores tapando el paso al flujo de gases.

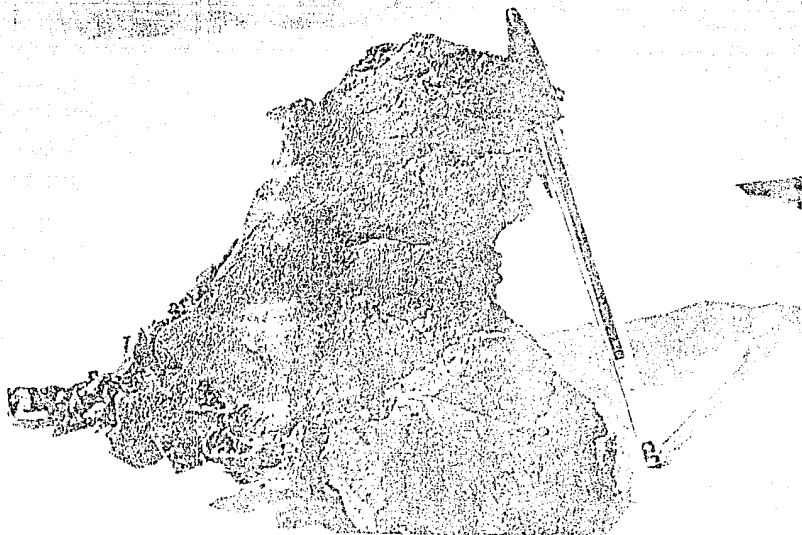


Figura 3.9 Depósito desprendido de entre dos tubos cerca de una esquina en la parte inferior del sobrecalentador de alta temperatura

Nuevamente las esquinas y orillas son las afectadas quedando por lo general el área central libre al flujo con una capa delgada (1-2 mm) pero muy adherida al tubo, o incrustaciones fundidas al mismo. En la parte de intersección entre los tubos portantes y el banco se depositan escorias de espesores que van desde 5 a 15 mm, siendo difícil de remover por método alguno, resultando que de mantenimiento a mantenimiento permanezcan en su sitio creciendo y adheriéndose más al área de intersección. En la parte superior del banco el ensuciamiento es uniforme de capas delgadas que al enfriarse la tubería son relativamente fáciles de remover porque se desprenden parcialmente debido a un "cracked" durante el enfriamiento.

CAVIDAD 3

Al inicio de esta cavidad la pared posterior se abre para dejar espacios perpendiculares al flujo por donde pasarán los gases a la zona de baja temperatura, y es al inicio de esta apertura en la pared donde se forman depósitos de alrededor de 10 cm de espesor con una apariencia fundida, disminuyendo a medida que se va acercando al techo. Los tubos portantes en esta región tienen un depósito que inició en el frente pero creció hacia la parte posterior que es para donde va la mayor parte del flujo, el color es de amarillo a café oscuro y hay zonas (las de las esquinas, generalmente) en donde es fácil desprender el depósito. En las paredes frontal y laterales han disminuido un poco las incrustaciones, notándose con claridad en grandes áreas una capa uniforme, dura, formada de partículas finas.

RECALENTADOR DE ALTA TEMPERATURA

En la parte inferior de este banco, el depósito está parcialmente desprendido en forma de tiras o medias cañas con espesores de 2 a 5 mm, siendo mayores en las esquinas y orillas, y menores en el centro. La parte superior está cubierta por depósito en su mayoría muy suave y a veces en forma de polvo fácil de remover. Por el contrario, en la zona central son muy delgados, escasos y fuertemente adheridos.

CAVIDAD 4

En esta cavidad el ensuciamiento es mayor en los tubos portantes que en las demás zonas, pronunciándose a medida que se acerca a la pared

posterior o cortina, en donde el espesor del depósito alcanza valores de hasta 2 cm por el frente, y de 4 cm aproximadamente en la parte posterior del tubo, el depósito es suave ya que está formado por partículas finas.

En esta cavidad existe una marcada distinción de colores en el depósito de las paredes frontal, laterales, techo y tubos portantes del SCBT. La pared frontal y el techo generalmente tienen una capa delgada de depósito color amarillo, muy adherida y con incrustaciones a manera de "tirol" sobre todo en el techo. Las paredes laterales tienen depósito color café e incrustaciones fuertemente adheridas, mientras que los tubos portantes son color amarillo por el frente y diferentes tonos de café por la parte posterior, el depósito del frente del tubo está fuertemente adherido, el de la parte posterior es quebradizo, más grueso y termina en punta. Al retirar parte del depósito, aparece un color verde brillante, como si fuera una resina que se fundió y cristalizó en la superficie del tubo.

CAVIDAD 5

El comportamiento del ensuciamiento en esta zona es como sigue: Las paredes laterales, posterior y techo tienen una capa delgada de depósito color amarillo. En los tubos portantes del economizador es semejante a los del SCBT en la cavidad anterior pero con menos depósito o disminuyendo de la parte superior a la inferior del tubo. En la parte superior del recalentador de baja temperatura el depósito es color café, delgado y adherido.

RECALENTADOR DE BAJA TEMPERATURA

El depósito es delgado uniforme, duro, color café claro. Este es el banco de tubos más grande del generador de vapor ya que tiene 36 camas de tubos, un serpentín se compone de 4 tubos que dan 9 vueltas en su recorrido, los espacios paralelos y perpendiculares al flujo de gases están libres, sin obstrucción alguna. Por la parte inferior el depósito es color verde claro.

CAVIDAD 6

En esta cavidad se encuentra el cabezal de salida del economizador que conecta a éste con los tubos portantes, el depósito es en capas delgadas fáciles de remover o polvo muy fino sobre los tubos. El color del ensuciamiento varía en esta zona desde blanco, hasta verde claro. Las paredes laterales y posterior generalmente están cubiertas de depósito muy fino, duro, color amarillo.

ECONOMIZADOR

El economizador se cubre de una capa delgada de depósito color amarillo por la parte de arriba, mientras que por abajo el color es gris a negro. Todos los espacios al flujo de gases quedan libres, notándose un ensuciamiento muy parejo en las aletas en espiral. Es el único banco de tubos donde se registra la diferencia de presiones del gas entre la entrada y salida así como la temperatura a la salida. En muy pocas ocasiones ha llegado a presentar problemas de taponamiento por el ensuciamiento, aunque muy frecuentemente, después de tres meses de operación a carga económica continua (ECR), la temperatura de gases

a la salida se eleva paulatinamente hasta que después de 6 a 8 meses se alcanzan valores alrededor de 450°C , cuando por diseño debe ser 337°C , lo anterior se presenta más pronunciado y rápido cuando el generador de vapor está operando con aditivo en el combustible para supuestamente disminuir la corrosión por depósitos fundidos sobre los tubos. Es importante hacer notar que a la salida del economizador los gases cambian de dirección, juntándose en este lugar una gran cantidad de polvo y partículas arenosas que tapan el cenicero.

PRECALENTADORES REGENERATIVOS DE AIRE

Esta es la zona crítica al ensuciamiento debido a los espacios reducidos formados por las láminas de las canastas por donde pasan los gases de combustión por un lado y por el otro en sentido opuesto el aire que se va a precalentar e ir a los quemadores. Como el metal se enfría cuando pasa el aire, se alcanzan temperaturas de rocío ácido, condensándose el vapor de agua y formando ácido sulfúrico y sulfatos que se mezclan con el ensuciamiento que en este sitio son cenizas y partículas finas formando un depósito corrosivo que se adhiere fuertemente a las láminas de las canastas obstruyendo los espacios y atacando al metal. A estos depósitos no los remueve los sopladores de hollín provocando fuertes taponamientos y en consecuencia incrementos de presión en el hogar, así como fugas de aire hacia la chimenea. La caída de presión por diseño en los precalentadores debe ser de 74 mm columna de H_2O , alcanzando en 6 meses de operación los 180 mm col. de H_2O , teniendo que sacar la unidad a mantenimiento para lavar los precalentadores, las paredes del hogar y limpiar mecánicamente los bancos de tubos, o bien, bajar carga para que los ventiladores de tiro

forzado no se saturen y den el gasto de aire requerido a ésa carga. Existe un aditivo en polvo a base de óxido de magnesio que se suministra a la corriente de los gases de combustión antes de los precalentadores regenerativos de aire con el objeto de neutralizar la formación de ácido sulfúrico, recubrir el metal de ductos y canastas con una delgada película de polvo para protegerlo de la corrosión y en consecuencia, incrementar el tiempo de operación y la disponibilidad de la unidad, pero en las pruebas que se han realizado en las unidades programadas para un periodo de 6 a 8 meses se ha observado un incremento fuertísimo de la presión diferencial producto de un taponamiento en las canastas, en tan solo 4 meses de operación continua, teniendo que sacar de emergencia a la unidad a mantenimiento y no existe una disminución apreciable en la corrosión.

3.7 DIFERENCIAS CON LOS OTROS DOS DISEÑOS

MANZANILLO UNIDADES 3 Y 4

El ensuciamiento en el hogar es semejante al descrito para las unidades 1 y 2. En la zona de alta temperatura, todos los bancos (SCBT, SCTI, SCAT y RCAT) tienen 72 serpentines, por consiguiente el espacio transversal al flujo de gases es el mismo para todos, siendo más pronunciado el ensuciamiento en el SCBT y SCTI. En el SCAT y RCAT el depósito es de mayor espesor, lo mismo que en las paredes y el techo, siendo este último más afectado (y en general la cavidad 4) que en el diseño 1 y 2. Los tubos portantes del SCBT (recordar que en

este diseño el flujo de vapor, es paralelo a los gases) presentan en la cavidad 4 depósitos más duro y mayor cantidad de resina cristalizada color verde pegada al tubo.

En la cavidad 5 se nota mayor cantidad de depósito sobre los tubos. Lo que en el diseño 1 y 2 era color amarillo aquí es café oscuro y la parte del depósito más alejada del tubo es color gris con tonalidades oscuras hasta el color negro.

La cavidad 6 y el economizador presentan condiciones semejantes al diseño 1 y 2.

Los precalentadores regenerativos de aire son verticales (en el diseño descrito anteriormente son horizontales), y la diferencia es que en la parte superior (entrada de los gases) hay una gran cantidad de piedritas duras (no adheridas al metal) sobre las canastas, que también se llegan a tapar.

En resumen, se nota una distribución más uniforme del ensuciamiento que en el diseño 1 y 2.

TULA UNIDAD 5

El hogar presenta ensuciamiento similar a los diseños de Manzanillo. El SCBT y SCTI tienen el mayor espacio transversal al flujo de gases de los tres diseños (son 36 serpentines), lo que hace que el ensuciamiento se distribuye en los tubos interiores de los bancos, con mayor pronunciamiento en el SCTI porque un serpentín tienen 8 tubos y 4 vueltas, o sea, 32 camas de tubos separados 2 a 3 cm formando paredes de tubos, pues los depósitos cubren por completo la mayoría de

los espacios paralelos al flujo de gases, quedando libres los espacios transversales.

La parte inferior del sobrecalentador de alta temperatura acumula depósitos, muy similares a los del SCBT, pero sin llegar a tapar los espacios entre tubos, que se reducen a la mitad al duplicarse los tubos en esta zona. Los tubos portantes tienen arreglo diferente, con mayor espacio entre ellos logrando una menor acumulación de depósito.

Las demás zonas tienen menor cantidad de depósito que el diseño 1 y 2, sobre todo en el economizador ya que arriba de este se encuentra otro banco aletado denominado "evaporador", que no tienen los otros dos diseños, atorándose aquí depósitos que arrastran los sopladores de hollín, pero sin llegar a tapar los espacios al flujos de gases.

Los precalentadores presentan un menor problema de taponamiento que los diseños anteriores.

CAPITULO 4

TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN GENERADOR DE VAPOR SUCIO.

4.1 SECUENCIA DE CALCULO

En cada inspección realizada en planta (tabla 3.1) se recogieron depósitos de 24 lugares en cada banco de la zona de alta temperatura de la caldera, o sea, 12 de la parte superior del banco y 12 de la parte inferior. Los lugares muestreados se identificaron de acuerdo con la división natural que forman los tubos portantes en el banco (figuras 2.1, 4.1 y 4.2) llamándoseles pasillos, el número 1 al formado por la pared frontal y la primera línea de portantes, hasta el número 4 que se encuentra entre la tercera fila de portantes y la pared posterior, y a lo ancho, se le llamó suelo 1 a la zona de tubos superiores del banco cercanos a la pared lateral norte, suelo 2 a la zona central y suelo 3 a los tubos próximos a la pared lateral sur, mientras que a la parte inferior se le llamó techo en lugar de suelo.

A los 72 depósitos de cada unidad se les hizo una inspección y caracterización en laboratorio midiéndose con la mayor precisión el espesor promedio y la densidad; por medio de espectrometría de rayos X y análisis químico elemental se determinaron los compuestos dominantes del depósito.

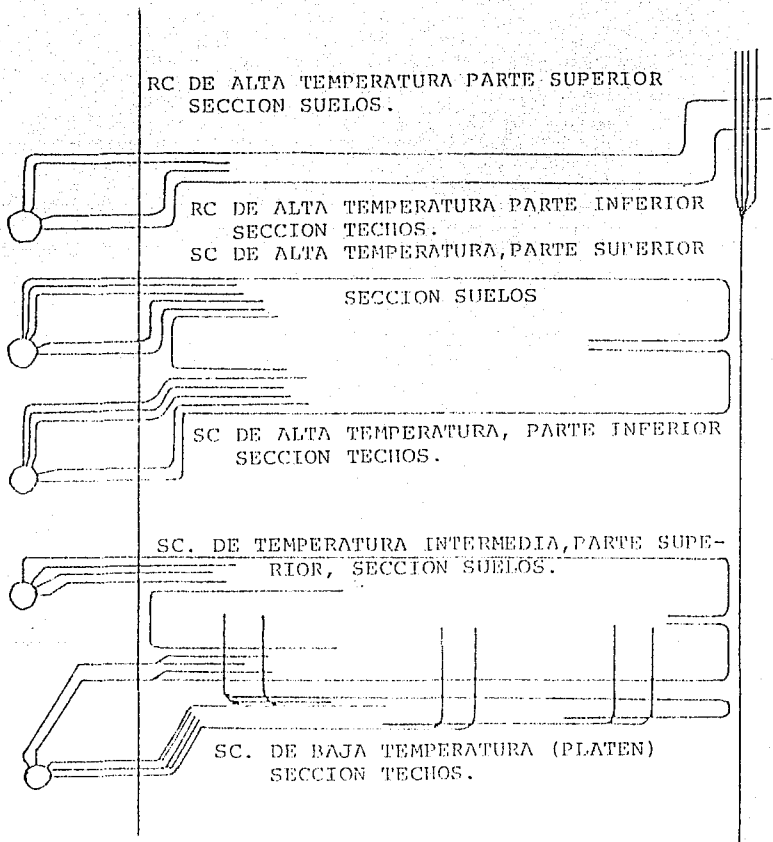


FIGURA 4.1 Corte transversal de la zona de alta temperatura de una caldera tipo MHI-CE de 300 MW.

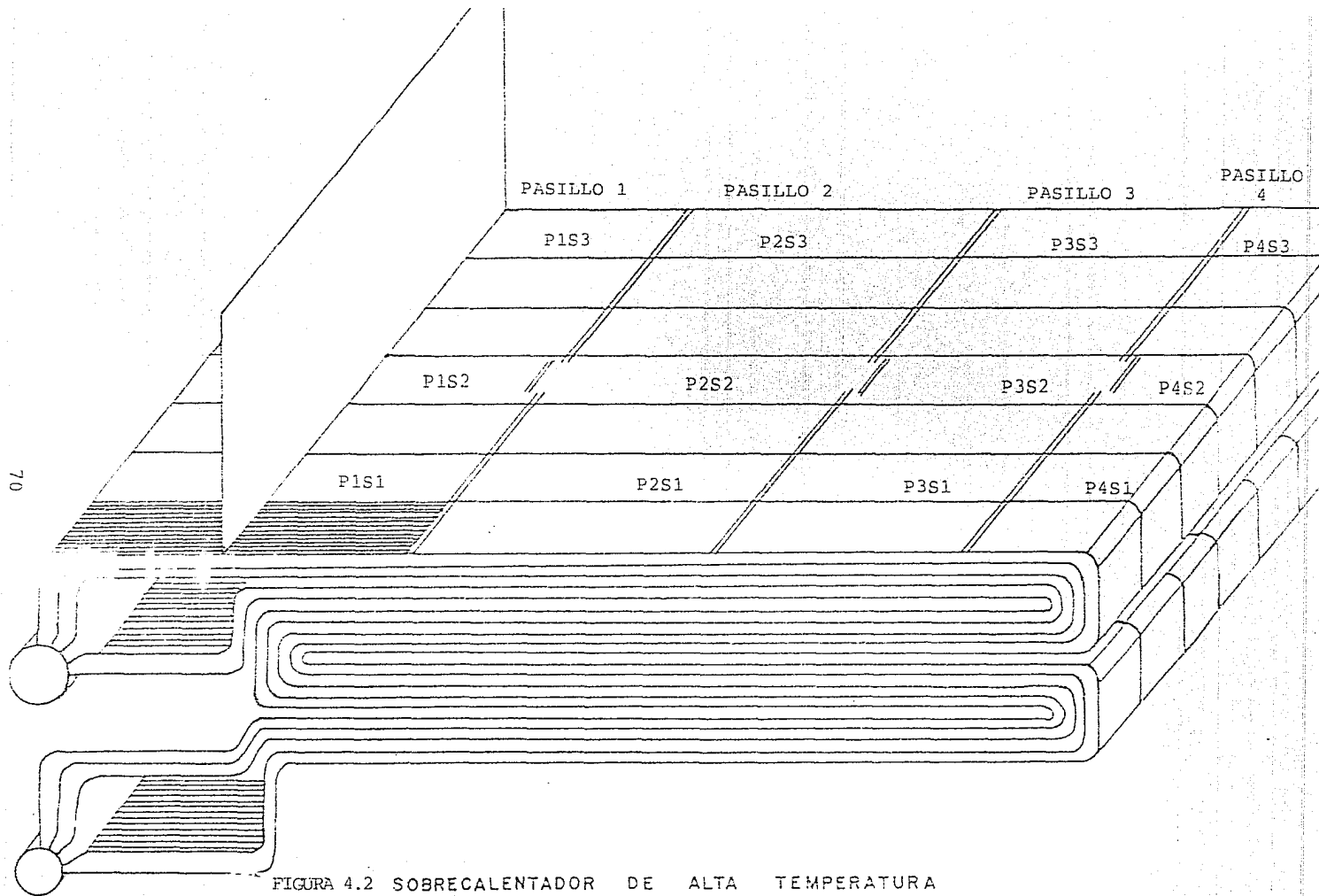


FIGURA 4.2 SOBREALENTADOR DE ALTA TEMPERATURA

En los bancos, paredes y portantes de la zona de baja temperatura se tomaron dos muestras por banco, debido a que en esta parte es muy delgado el depósito (alrededor de 0.5 a 1 mm) en forma de polvo, muy uniforme sobre los tubos.

La conductividad térmica del depósito se calculó en base a los compuestos mayoritarios, mediciones experimentales y registrando la temperatura de metal puntual a 20 cm de la pared frontal de la unidad 4, en la última cama del sobrecalentador de alta temperatura (tubo No.36), la primera y última cama del recalentador de alta temperatura (tubo No.36). Fué necesario instalar termopares tipo E de sacrificio en los tubos antes mencionados y registrar la temperatura durante 3 meses, tiempo que duraron funcionando los termopares. Fué necesario conocer la temperatura de metal porque en base a ella se midió la conductividad térmica de los depósitos en un equipo de laboratorio, que emite sobre el depósito una cantidad conocida de calor, volviendo a registrarlo del otro lado del mismo. Una vez conocida la conductividad térmica, se comparó con la calculada en base a los compuestos mayoritarios encontrados por difracción de rayos X y análisis químico elemental en el laboratorio químico del IIE, encontrándose valores muy parecidos. El factor de ensuciamiento externo se calculó dividiendo el espesor promedio entre la conductividad térmica del depósito promedio del banco de tubos.

En las figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestra el espesor promedio de los depósitos en cada zona de muestreo, así como el promedio de cada banco y el factor de ensuciamiento externo calculado para las unidades 2 y 4 de Manzanillo y Tula unidad 5.

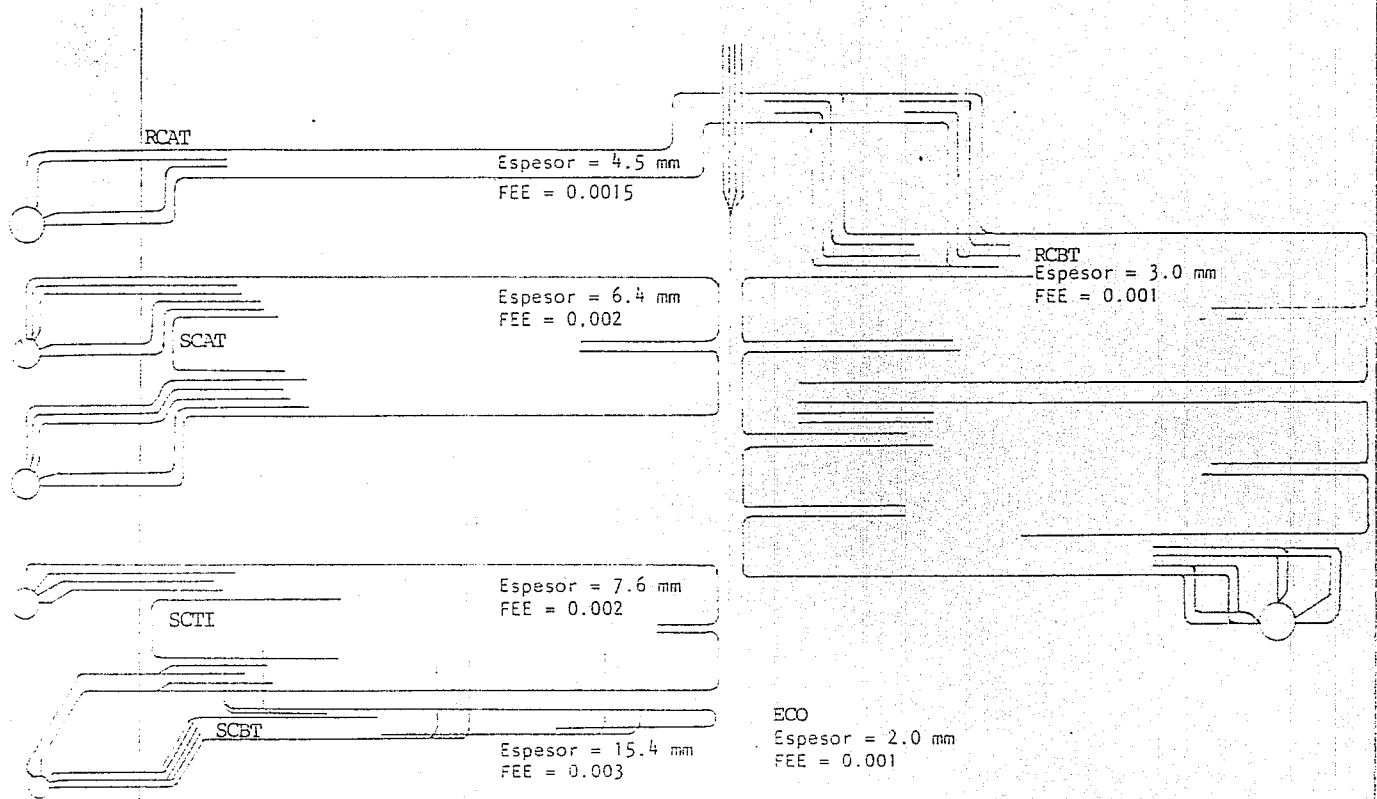


FIGURA 4.3 Espesor promedio de depósitos muestreados en los bancos de tubos de la unidad 2 de Manzanillo y los factores de ensuciamiento externo (FEE) calculados.

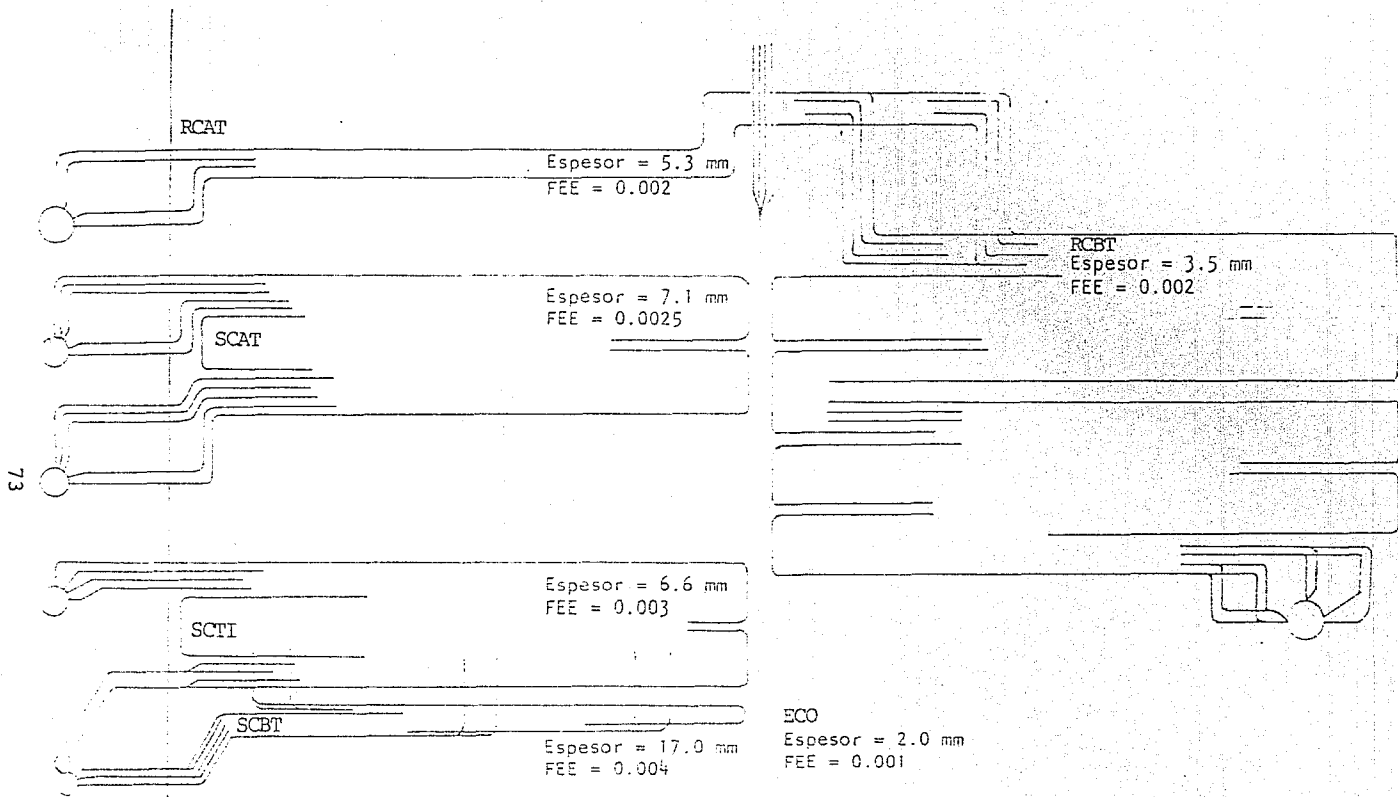


FIGURA 4.4 Espesor promedio de depósitos muestreados en los bancos de tubos de la unidad 4 de Manzanillo y los factores de ensuciamiento externo (FEE) calculados.

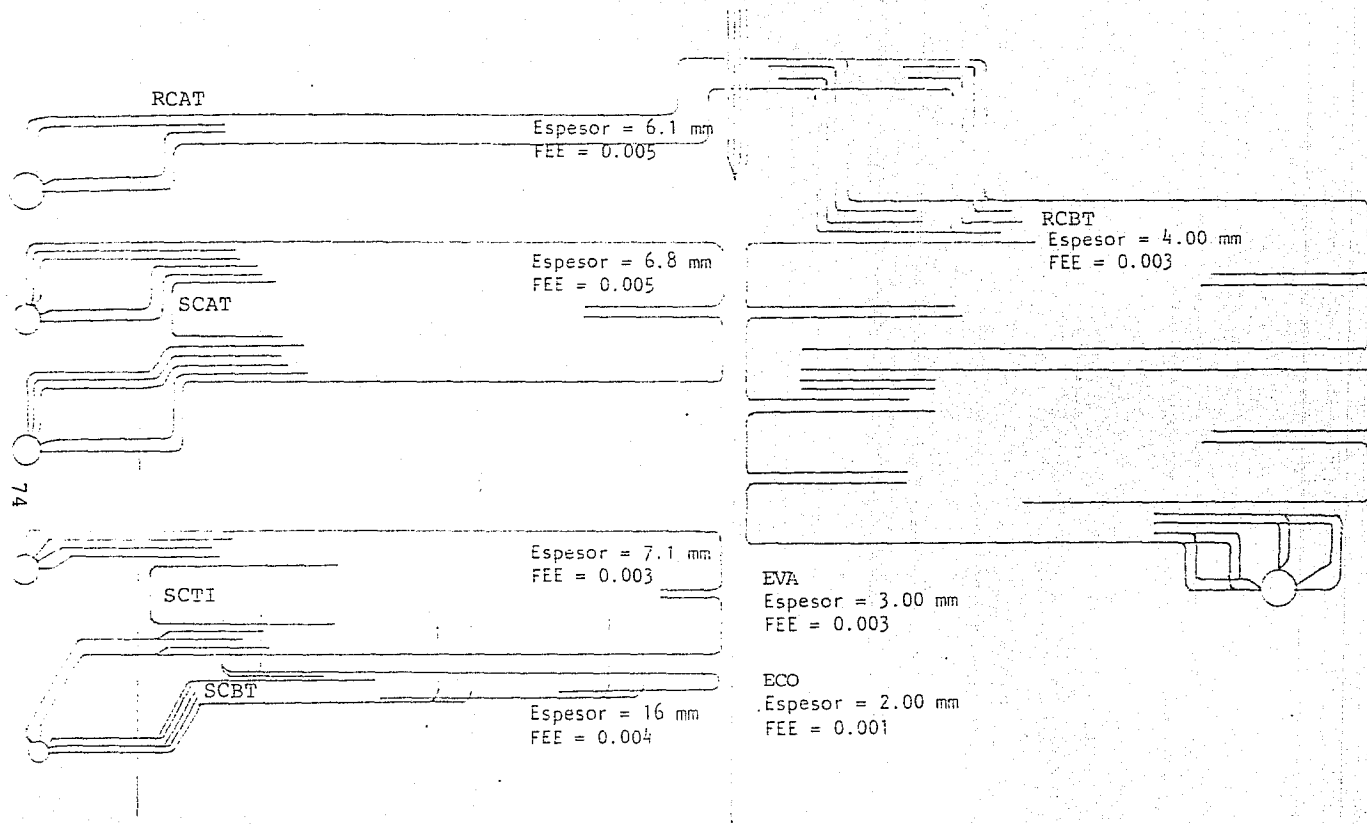


FIGURA 4.5 Espesor promedio de depósitos muestreados en los bancos de tubos de la Unidad 5 de Tula y los factores de ensuciamiento externo (FEE) calculados.

Con el factor de ensuciamiento externo calculado para cada banco se calculó la transferencia de calor haciendo las siguientes suposiciones:

- La capa de ensuciamiento es homogénea y del mismo espesor en toda la tubería de un mismo banco.
- Solamente se considera un tipo de ensuciamiento. El del lado de los gases de combustión.
- La rugosidad de los depósitos se desprecia, de tal forma que no se consideran las pérdidas de presión por el lado de los gases.
- No se toman en cuenta variaciones en los flujos de gases de combustión ni de vapor, suponiéndose un sistema en estado estable.
- El espesor del depósito modifica el diámetro externo del tubo, cambiando las condiciones hidrodinámicas de la corriente de gases de combustión.

Las temperaturas del vapor principal y recalentado así como todos los parámetros de operación se consideran semejantes a los que se registraron en planta con el generador de vapor próximo a salir a mantenimiento después de haber estado operando a carga económica continua (300 MW) durante seis meses. Los valores registrados son:

Tabla 4.6 Parámetros de operación registrados en planta y usados en el programa.

PARAMETRO	CTE. MANZANILLO		CTE. TULA
	U-1 Y 2	U-3 Y 4	U-5
	ECR	ECR	ECR
<u>FLUJO DE VAPOR Y AGUA DE ALIMENTACION (T/H)</u>			
SALIDA FLUJO DE VAPOR DEL SOBREALENTADOR	950.00	950.00	950.00
SALIDA FLUJO DE VAPOR DEL RECALENTADOR	807.48	802.78	802.78
FLUJO AGUA ATEMPERACION AL SC	70.00	40.00	15.00
FLUJO AGUA ALIM ENTRADA AL ECO	970.00	978.51	978.51
<u>PRESIONES (KG/CM² MAN)</u>			
SALIDA DEL SC.	170.00	165.00	172.00
PRESION DEL DOMO	183.80	182.50	184.30
ENTRADA ECONOMIZADOR	187.60	186.70	188.50
ENTRADA DEL RC.	37.00	39.00	38.00
SALIDA DEL RC.	35.50	37.70	36.50
<u>TEMPERATURAS (°C)</u>			
<u>TEMPERATURAS DE AGUA DE ALIMENTACION Y VAPOR</u>			
ENTRADA ECO. AGUA ALIM	249.33	243.00	245.00
SALIDA DE VAPOR DEL SC	540.55	540.55	540.60
SALIDA DE VAPOR DEL RC	535.00	525.00	535.00

Al procesar el programa con el ensuciamiento externo calculado se varió también el calor radiado del hogar, semejando la inclinación de quemadores hacia los bancos; el gasto de agua de atemperación, requiriéndose una cantidad mayor a la de diseño; el gasto de gases de combustión, simulando la recirculación de gases al hogar. además de variar la emisividad de la tubería de 0.9 con generador de vapor limpio a 0.7 en condiciones sucias.

Los valores de gasto de agua de atemperación y gasto de gases de recirculación concuerdan con los registrados días antes de que la unidad saliera a mantenimiento.

El diagrama de bloques es el mismo que para las condiciones de diseño, ya que lo único que varía es el diámetro externo de la tubería y el factor de ensuciamiento externo contemplados en los archivos de datos.

Se observó que los programas para los diseños de Manzanillo (3,4) y Tula 5 convergen más rápidamente para llegar al resultado que Manzanillo (1,2) por la dirección del vapor en los tubos portantes, ya que hay un mejor control con la presión del vapor en los diseños mencionados al principio.

Es importante comentar que las 3 unidades que se tomaron para el modelo de ensuciamiento funcionaron utilizando aditivo a base de óxido de magnesio con el combustible para ayudar a formar depósitos de alto punto de fusión evitando que estos permanezcan fundidos en la tubería

acelerando la corrosión; sin embargo, comparadas con otras unidades que no utilizaron aditivo y que funcionaron más tiempo, se observó que las que utilizaron aditivo tenían depósitos de mayor espesor, hasta un 40% más de las que no utilizaron, esto para todos los bancos de tubos.

4.2 RESULTADOS

En el apéndice B se presentan los resultados del estudio de transferencia de calor y temperatura de metal considerando el ensuciamiento, para Manzanillo unidades 1,2; 3,4 y Tula unidad 5. La presentación es en el mismo formato que para datos de diseño del apéndice A.

La tabla 4.7 es un resumen del calor absorbido por serpentines, portantes, paredes y pared posterior donde se observa que las unidades 3 y 4 de Manzanillo tienen el valor más alto en el SCET, SCTI y economizador; mientras que las unidades 1 y 2 en el SCAT y RCET. El calor absorbido total por los serpentines es más alto en las unidades 3 y 4, 15 MW más que las unidades 1 y 2, y 51 MW mayor que Tula 5. Comparando con los resultados obtenidos en condiciones de diseño, se aprecia un incremento en la cantidad de calor que tiene que absorber cada serpentín SCET, RCAT y economizador para los tres diseños considerados bajo condiciones de ensuciamiento, lo anterior se debe a una mayor radiación de calor del hogar hacia los bancos y a un aumento en los gases de combustión debido a la recirculación. Se nota también que el diseño influye en el desbalance de calor, porque por ejemplo, en el SCAT de las unidades 1 y 2 disminuye 4 MW el calor absorbido, como resultado del ensuciamiento, mientras que en las unidades 3 y 4

aumenta 2 MW, o sea, que a pesar del ensuciamiento tiene que absorber más calor para poder cumplir con la temperatura del vapor a la salida (condición fijada por la turbina) y para Tula 5 disminuye 14 MW.

El calor total absorbido por los serpentines es 100 MW mayor en condiciones de ensuciamiento para las unidades 3 y 4 que el de diseño, 75 MW para las unidades 1 y 2 y 23 MW para Tula 5; por lo tanto, Tula 5 está mejor diseñada a tener el mínimo desbalance en la transferencia de calor con el ensuciamiento.

La tabla 4.8 muestra la comparación de temperaturas de gases a la entrada de cada elemento para los tres diseños, en condiciones limpias y sucias, graficándose en las figuras 4.12, 4.13 y 4.14. Notándose a la salida del economizador un incremento de 75 °C en las unidades 1 y 2, 80 °C en las unidades 3 y 4, y 36 °C en Tula 5; como una alteración provocada por el ensuciamiento. Se aprecia también una mejor distribución de la temperatura de gases en la zona de baja temperatura (de la cavidad 5 al economizador) de la unidad 5 ya que esta cuenta con el evaporador para ayudar al economizador en la absorción de calor.

En la figura 4.9 se aprecia una distribución de temperaturas muy parecida para los tres diseños, notándose claramente una temperatura mayor de salida de gases del economizador para las unidades 3 y 4, luego las unidades 1 y 2 y finalmente Tula 5.

En la figura 4.10 se grafica el calor absorbido en condiciones de ensuciamiento, resaltando la cantidad de calor que tiene que absorber el economizador de las unidades 3 y 4 que sería equivalente en Tula 5

si esta no contara con el evaporador. Nuevamente se aprecia la mejor distribución en la unidad 5 de Tula.

La figura 4.11 es una gráfica en forma de pasteles del calor absorbido por los serpentines donde se puede ver el porcentaje que absorbe cada elemento.

En los resultados del apéndice B se vé que la temperatura externa de metal es mayor a la del apéndice A en condiciones de diseño, debido a que el tubo se consideró de mayor diámetro por el ensuciamiento y de conductividad térmica constante para el metal; por lo tanto, es equivalente con la temperatura externa de metal en un tubo de diámetro externo igual al tubo con ensuciamiento.

TABLA 4.7 CALOR ABSORBIDO EN MW. UNIDADES CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO

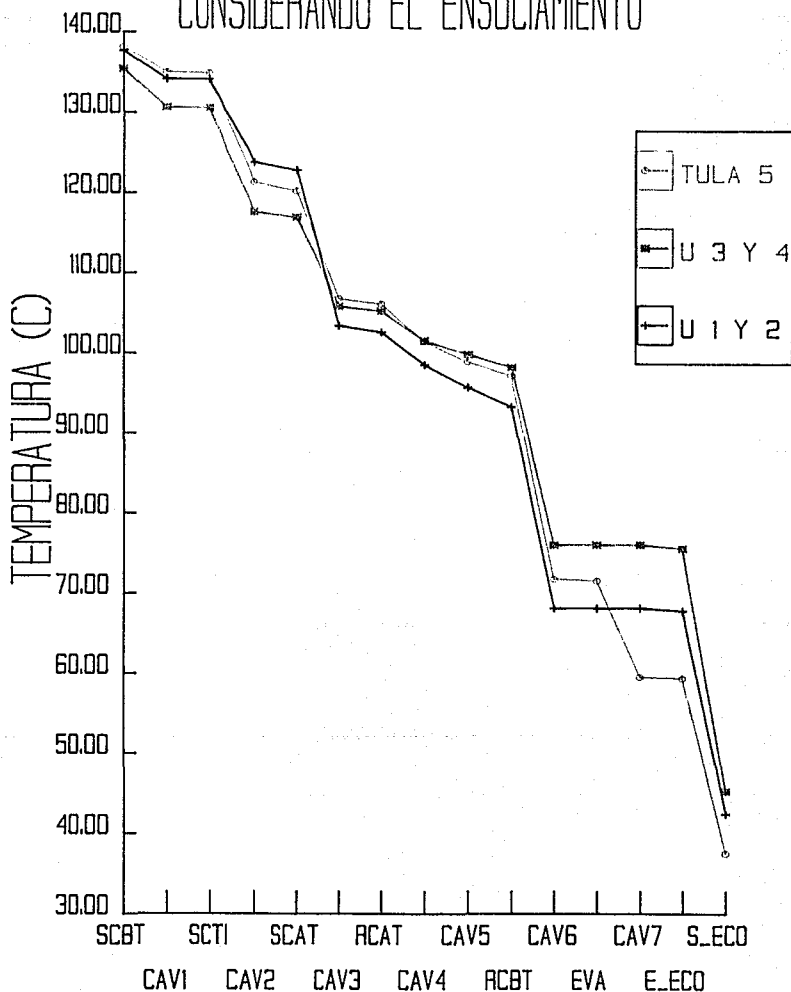
	SERPENTIN			PORTANTES			PARED			POSTERIOR		
	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS	1 Y 2	3 Y 4	TULAS
SC BT	51.82	57.04	39.81	0.00	0.00	0.00	0.34	0.53	1.42			
CAV 1	0.00	0.00	0.00	0.45	0.50	1.62	0.30	0.33	0.47			
SC TI	61.17	80.34	71.41	1.31	3.33	1.55	2.34	2.17	2.17			
CAV2	0.00	0.00	0.00	1.84	2.55	3.45	4.15	1.67	2.61			
SCAT	10.47	67.82	67.49	5.87	2.88	2.61	2.58	1.90	1.81			
CAV3	0.00	0.00	0.00	3.23	2.14	2.00	1.52	1.42	1.34			
RCAT	23.11	22.34	23.79	0.89	0.72	0.58	0.38	0.63	0.42			
CAV4	0.00	0.00	0.00	7.82	4.95	6.12	6.66	3.72	4.63	2.51	2.71	2.55
CAV5	0.00	0.00	0.00	4.10	3.94	3.24	8.02	2.00	2.45	2.48	4.26	1.50
RCBT	140.00	134.56	125.46	2.65	2.36	1.34	2.02	1.08	1.00	1.22	0.94	0.68
CAV6	0.00	0.00	0.00	1.16	2.11	0.38	0.48	0.48	0.27	0.32	0.36	0.18
EVA			58.49			0.17			0.13			0.11
CAV7			0.00			0.39			0.26			0.18
ECO	137.56	177.78	102.16	0.00	0.00	0.00	0.61	0.66	0.19	0.30	0.37	0.10
TOTAL	524.12	539.88	488.61	29.32	25.48	23.49	29.4	16.59	19.17	6.83	8.64	5.30

TABLA 4.8 COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS DE GASES DE COMBUSTION EN LAS UNIDADES 1, 2, 3 Y 4 DE LA CTE. MANZANILLO, COL. Y LA UNIDAD 5 DE TULA, HGO. CON UNIDADES LIMPIAS Y SUCIAS.

	1 Y 2		3 Y 4		TULA 5	
	DISEÑO	SUCIA	DISEÑO	SUCIA	DISEÑO	SUCIA
ENTRADA SC BT	1368.87	1376.89	1328.00	1355.29	1342.21	1382.15
ENTRADA CAVIDAD 1	1311.92	1341.29	1247.19	1306.73	1297.50	1350.44
ENTRADA SC TI	1310.96	1340.56	1245.46	1305.49	1295.48	1348.90
ENTRADA CAVIDAD 2	1167.93	1237.43	1061.85	1176.12	1127.79	1213.50
ENTRADA SC AT	1155.47	1227.79	1054.02	1169.70	1115.02	1202.27
ENTRADA CAVIDAD 3	913.91	1033.75	918.00	1058.41	951.30	1067.99
ENTRADA RC AT	905.14	1025.88	911.92	1052.90	944.00	1061.65
ENTRADA CAVIDAD 4	862.16	985.35	872.93	1016.12	892.72	1014.70
ENTRADA CAVIDAD 5	831.59	956.94	852.12	998.37	865.66	989.35
ENTRADA RC BT	805.38	932.47	833.48	982.42	847.45	971.62
ENTRADA CAVIDAD 6	568.44	680.88	632.10	760.63	615.54	717.94
ENTRADA EVAPORADOR					613.74	715.79
ENTRADA CAVIDAD 7					510.00	595.58
ENTRADA ECONOMIZADOR	565.51	677.41	627.71	755.83	508.78	593.87
SALIDA ECONOMIZADOR	348.61	424.31	373.00	453.39	338.81	375.75

FIGURA 4.9
E+1

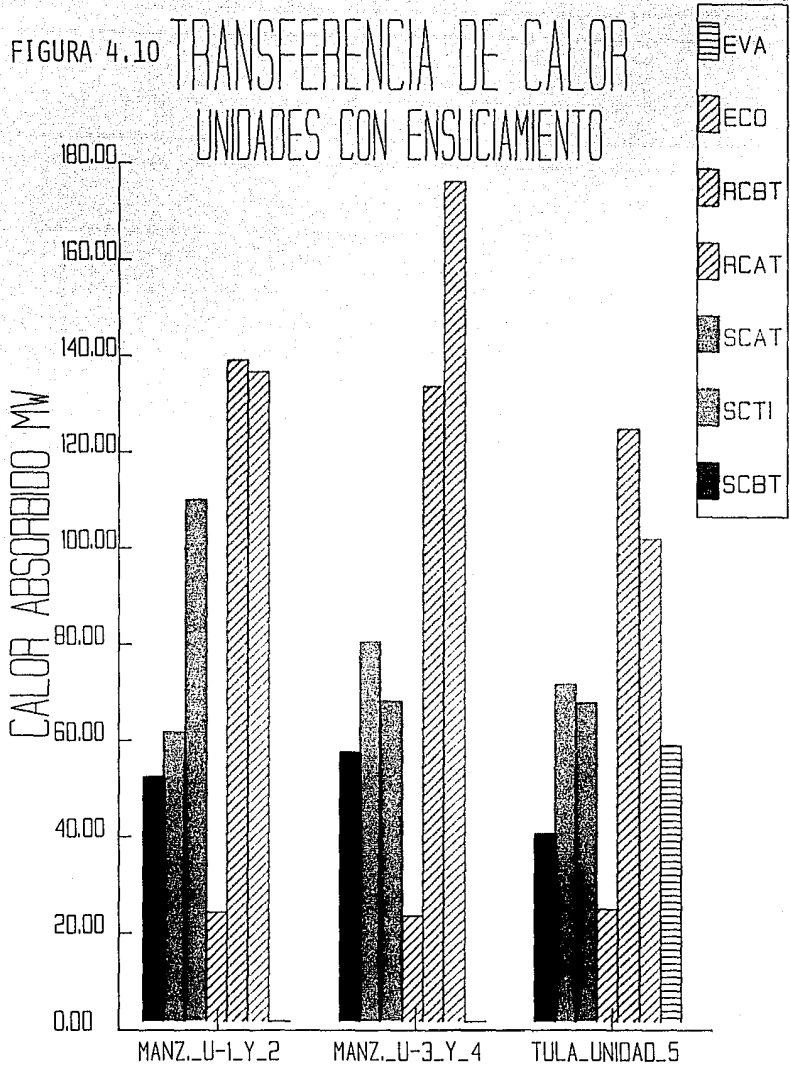
COMPORTAMIENTO TEMP. DE GASES CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO



RECORRIDO DE LOS GASES

FIGURA 4.10

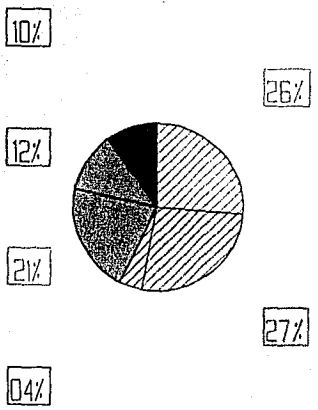
TRANSFERENCIA DE CALOR UNIDADES CON ENSUCIAMIENTO



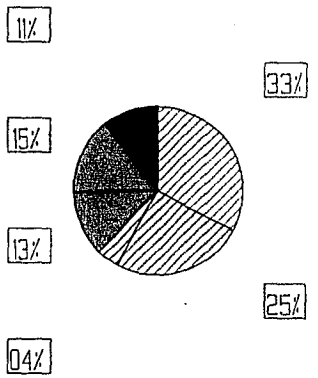
BANCOS DE TUBOS

FIGURA 4.11

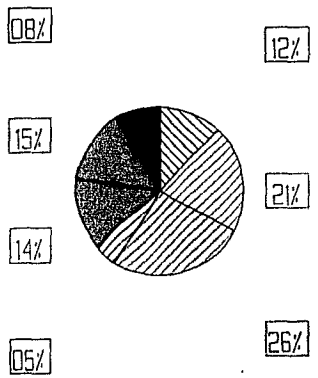
TRANSFERENCIA DE CALOR UNIDADES CON ENSUCIAMIENTO



MANZ_U-LY_2



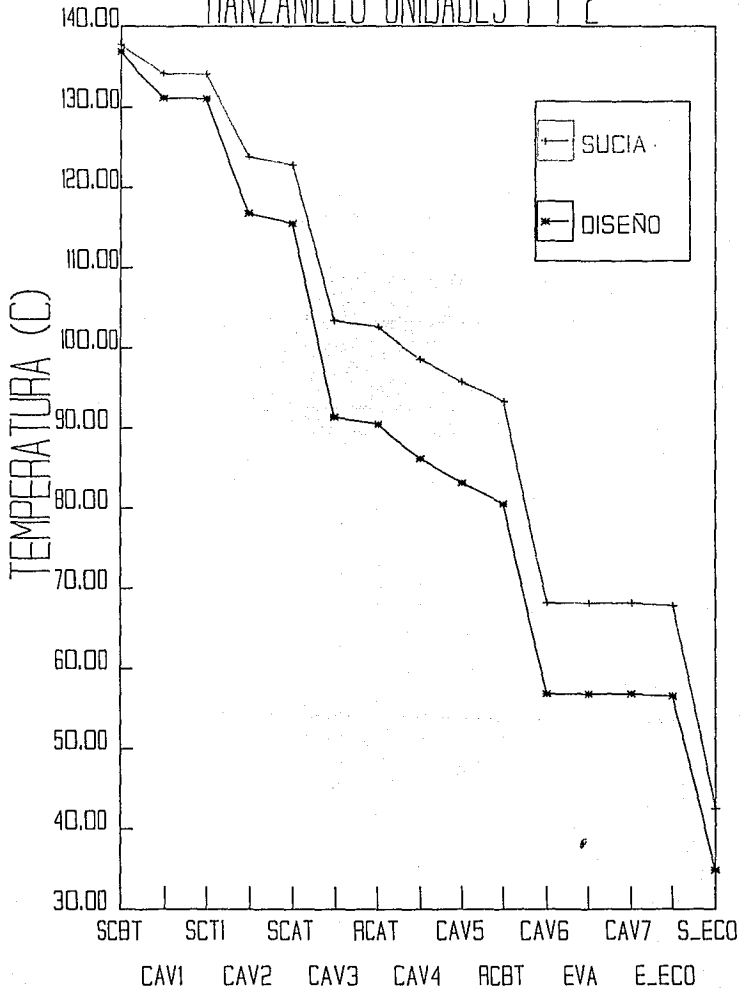
MANZ_U-3_Y_4



TULA_UNIDAD_5

FIGURA 4.12
Et I

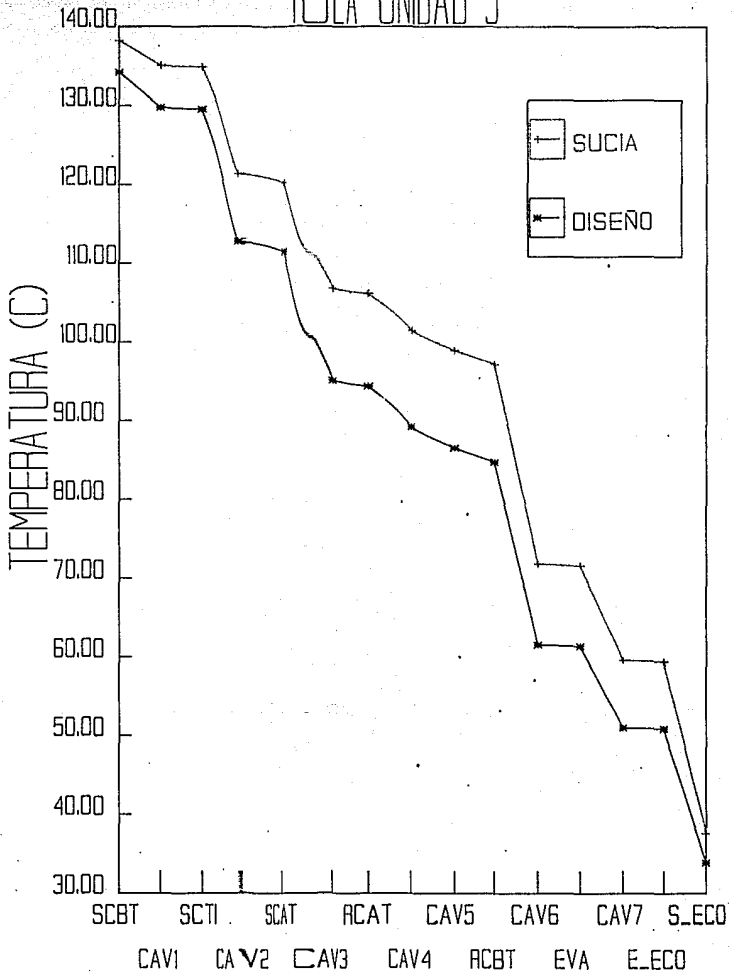
COMPARACION TEMP. DE GASES MANZANILLO UNIDADES 1 Y 2



BANCO O CAVIDAD

FIGURA 4.14
E+ 1

COMPARACION TEMP. DE GASES TUJA UNIDAD 5



BANCO O CAVIDAD

CAPITULO 5

EFICIENCIA TERMICA DEL GENERADOR DE VAPOR

GENERALIDADES

La eficiencia del generador de vapor se calculó mediante el método de pérdidas de calor ASME Power Test Code (T10-400) con el objeto de evaluar la pérdida de energía al estar funcionando la unidad con altas temperaturas de gases a la salida del economizador y precalentador regenerativo de aire, producto de un desbalance en la transferencia de calor provocado por el ensuciamiento.

Los parámetros requeridos para el cálculo se midieron en las cuatro unidades de la CT. Manzanillo únicamente ya que en la unidad 5 de Tula no se contó con la oportunidad ni el tiempo necesario para realizar las mediciones.

Los calores específicos, entalpía y humedad absoluta del aire se calcularon con la subrutina de propiedades termodinámicas para el vapor de agua, los gases de combustión y el aire.

SECUENCIA DE CALCULO

Las pérdidas calculadas son:

5.1 PERDIDA DE CALOR DEBIDA A LA HUMEDAD FORMADA DURANTE LA COMBUSTION DEL HIDROGENO.

Esta pérdida es de las más importantes debido al alto contenido de hidrógeno del combustible (alrededor del 10%), y se calcula como:

$$HH_2 = 8.936 \times H \times (h_{vg} - h_f)$$

donde:

8.936 = Kilogramos de agua producidos al quemar
1 kilogramo de hidrógeno.

H = Contenido de hidrógeno en el combustible
excluyendo la humedad que contiene este, Kg/Kg

h_{vg} = Entalpía del vapor de agua en los gases de
combustión, Kj/Kg

h_f = Entalpía del líquido saturado calculada a la
temperatura de referencia, Kj/Kg

5.2 PERDIDA DE CALOR DEBIDA A LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE.

$$HC = \mu_c \times (h_{vg} - h_f)$$

μ_c = humedad por Kg de combustible, Kg/Kg

h_{vg} = Entalpía del vapor de agua en los gases de combustión,
Kj/Kg.

h_f = Entalpía del líquido saturado calculada a la temperatura
de referencia, Kj/Kg

5.3 PERDIDA DE CALOR DEBIDA A LA HUMEDAD DEL AIRE.

$$HA = W \times G_a \times (h_{vg} - h_g)$$

donde

HA = Pérdida de calor por la humedad del aire.

W = Humedad específica del aire, Kg_v/Kga.s.

G_a = Gasto de aire por Kg de combustible.

h_{vg} = Entalpía del vapor de agua en los gases de combustión,
KJ/Kg

h_g = Entalpía del vapor saturado a la temperatura de
referencia.

$$G_a = \frac{1}{0.7685} \left(\frac{28.02 N_2}{12.01 (CO_2 + CO)} \times \left(C + \frac{12.01}{32.07} \times S \right) \right) - N_c$$

En donde:

N_2 = Nitrógeno en los gases de combustión
= 100% - (% CO_2 + % O_2 + % CO)

C = Contenido de carbono en el combustible, Kg/Kg

S = Contenido de azufre en el combustible, Kg/Kg

N_c = Nitrógeno que contiene el combustible, Kg/Kg

CO_2 = Bióxido de carbono presente en los gases de combustión,
medido con el analizador de Orsat, % en volumen.

O_2 = Oxígeno en los gases de combustión, medido con el
analizador de Orsat, % en volumen.

CO = Monóxido de carbono en los gases de combustión, medido con el analizador de Orsat, % en volumen.

5.4 PERDIDA DE CALOR DEBIDA AL VAPOR DE ATOMIZACION DEL COMBUSTIBLE.

$$VA = \frac{G_{va}}{G_c} \times \left(h_{vg} - h_g \right)$$

G_{va} = gasto de vapor de atomización, ton/hr

G_c = Gasto de combustible, ton/hr

h_{vg} = Entalpia del vapor en los gases de combustión, KJ/Kg

h_g = Entalpia del vapor saturado a la temperatura de referencia, KJ/Kg

5.5 PERDIDA DE CALOR DEBIDA A LOS GASES SECOS

$$GS = G_{gs} \times C_{pgs} \times (T_{gsp} - T_r)$$

G_{gs} = Gasto de gases secos por Kg de combustible, Kg/Kg

C_{pgs} = Calor específico a presión constante de los gases secos, calculado a la temperatura $(T_{gsp} - T_r)/2$, KJ/Kg K

T_{gsp} = Temperatura corregida de los gases a la salida de los precalentadores regenerativos de aire, °C

T_r = Temperatura de referencia (a la salida de los ventiladores de tiro forzado), °C

$$G_{gs} = \frac{(44.01 \text{ CO}_2) + (32.00 \text{ O}_2) + (28.01 \text{ CO}) + (28.02 \text{ N}_2)}{12.01 \times (\text{CO}_2 + \text{CO})}$$

$$\times \left(C + \frac{12.01}{32.07} \times S \right)$$

5.6 PERDIDA DE CALOR POR CARBONO NO QUEMADO (COMBUSTION INCOMPLETA).

$$CI = 0.0001 \times G_{gs} \times PC_{ci}$$

donde:

0.0001 = valor supuesto para el gasto de carbono inquemado por Kg de combustible.

PC_{ci} = poder calorífico superior del carbono inquemado
= 23,580 KJ/Kg

5.7 PERDIDA DE CALOR POR LA FORMACION DE MONOXIDO DE CARBONO

$$CO = \frac{CO}{CO_2 + CO} \times PC_{CO} \times C$$

donde:

PC_{CO} = Poder calorífico superior del monóxido de carbono,
= 23,605.00 KJ/Kg.

C = Contenido de carbono por Kg combustible, Kg/Kg.

5.8 PERDIDA DE CALOR POR RADIACION (CR)

Se consulta en la figura 8 del código de pruebas ASME para generadores de vapor, en la que se entra con la portencia de salida, la potencia máxima continua y el número de paredes enfriadas en el hogar. En el caso de la potencia máxima continua las pérdidas por radiación son de 0.2.

5.9 CALOR TOTAL SUMINISTRADO

El calor total suministrado es la suma del poder calorífico superior del combustible, el calor suministrado al aire en los calentadores aire-vapor, el calor sensible suministrado al combustible y el calor suministrado por la humedad del aire.

$$CTS = PCS + CSACAV + CSC + CSHAE.$$

5.10 EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR

$$\eta_t = \left(1 - \frac{HH_2 + HC + HA + VA + GS + CI + CO + CR}{CTS} \right) \times 100$$

En el apéndice C se incluye el programa para calcular la eficiencia del generador de vapor.

Las mediciones en planta se hicieron con la purga continua cerrada, sin extraer vapor auxiliar, con todos los quemadores limpios, después de haber operado los sopladores de hollín y esperarse dos horas a que se estabilizara la unidad a una carga constante lo más cercano a 300 MW.

La instrumentación fué calibrada y probada anticipadamente en una prueba preliminar. Por ser una pérdida importante el calor que se

llevan los gases secos, se midió con cuidado la temperatura de estos, reticulando el ducto a la salida de los precalentadores y sacando un promedio de la medición, se utilizaron termopares tipo K calibre 30.

En las tablas 5.1 y 5.2 se presentan los resultados obtenidos para cada pérdida, con unidades limpias y sucias, respectivamente; graficándolos en las figuras 5.3 y 5.4 observando que las pérdidas correspondientes a la humedad producto de la combustión del hidrógeno y a los gases secos son las más importantes. En condiciones limpias es mayor la pérdida por la humedad producto de la combustión del hidrógeno, mientras que en condiciones sucias es mayor la pérdida por gases secos. Lo anterior se debe al desbalance de la transferencia de calor a causa del ensuciamiento.

La tercera pérdida de calor en importancia es la que absorbe la humedad del aire, pero permanece constante porque las condiciones atmosféricas no varían apreciablemente.

Cabe hacer notar que esta prueba es puntual y representa la eficiencia del generador de vapor en el momento de tomar las mediciones, dependiendo de varios factores como la operación, calidad del combustóleo, el análisis del laboratorio para el combustóleo, buena calibración del equipo de medición, etc.

Se observa que disminuye la eficiencia hasta en 2 % con generador de vapor sucio, lo cual representa un aumento en el gasto de combustóleo de 3 toneladas más por hora.

CTE. MANZANILLO UNIDADES 1,2,3 Y 4

EN CONDICIONES LIMPIAS

TABLA 6.1 EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR POR EL METODO DE PERDIDAS

UNIDAD	CALOR ABSORBIDO POR			
	LOS GASES SECOS	LA HUMEDAD DEL HIDROGENO	LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE	COMBUSTION INCOMPLETA
1	6.08302	6.12434	0.249220E-01	0.895965E-01
2	5.55780	6.09733	0.248121E-01	0.846060E-01
3	5.00696	5.81116	0.603255E-02	0.843815E-01
4	4.81516	5.92309	0.244363E-01	0.857881E-01

UNIDAD	CALOR ABSORBIDO POR				EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR
	LA HUMEDAD DEL AIRE	EL VAPOR DE ATOMIZACION	EL MONOXIDO DE CARBONO	TOTAL	
1	0.167806	0.183293E-01	0.280176E-02	12.7108	87.1092
2	0.166586	0.178050E-01	0.263360E-02	12.1516	87.6684
3	0.149560	0.154538E-01	0.263052E-02	11.2762	88.5438
4	0.133862	0.148886E-01	0.267275E-02	11.1999	88.6201

CARGA : 300 MW

CTE. MANZANILLO UNIDADES 1,2,3 Y 4

CON ENSUCIAMIENTO

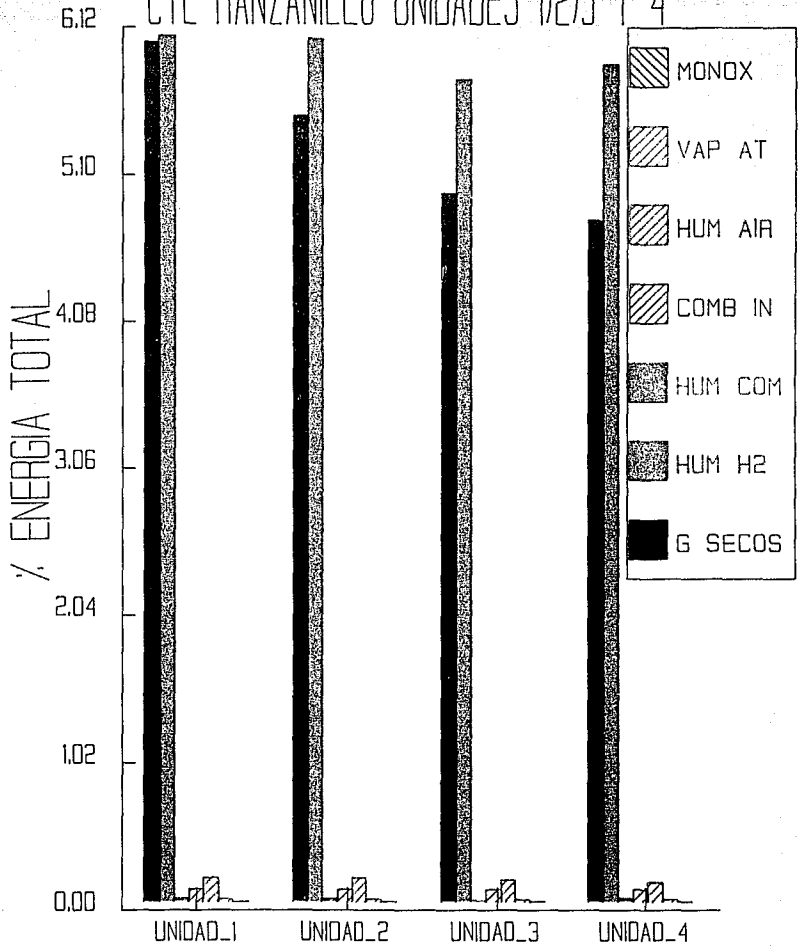
TABLA 6.2 EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR POR EL METODO DE PERDIDAS

UNIDAD	CALOR ABSORBIDO POR			
	LOS GASES SECOS	LA HUMEDAD DEL HIDROGENO	LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE	COMBUSTION INCOMPLETA
1	6.73656	5.99378	0.254070E-01	0.845820E-01
2	6.91694	6.00233	0.254432E-01	0.841012E-01
3	6.09325	5.97093	0.619841E-02	0.812704E-01
4	6.68225	6.26110	0.254786E-01	0.822258E-01

UNIDAD	CALOR ABSORBIDO POR				EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR
	LA HUMEDAD DEL AIRE	EL VAPOR DE ATOMIZACION	EL MONOXIDO DE CARBONO	TOTAL	
1	0.183035	0.222376E-01	0.263182E-02	13.2475	86.5725
2	0.206991	0.226052E-01	0.261535E-02	13.4610	86.3590
3	0.180292	0.195847E-01	0.252490E-02	12.5541	87.2659
4	0.184251	0.217648E-01	0.255277E-02	13.4596	86.3604

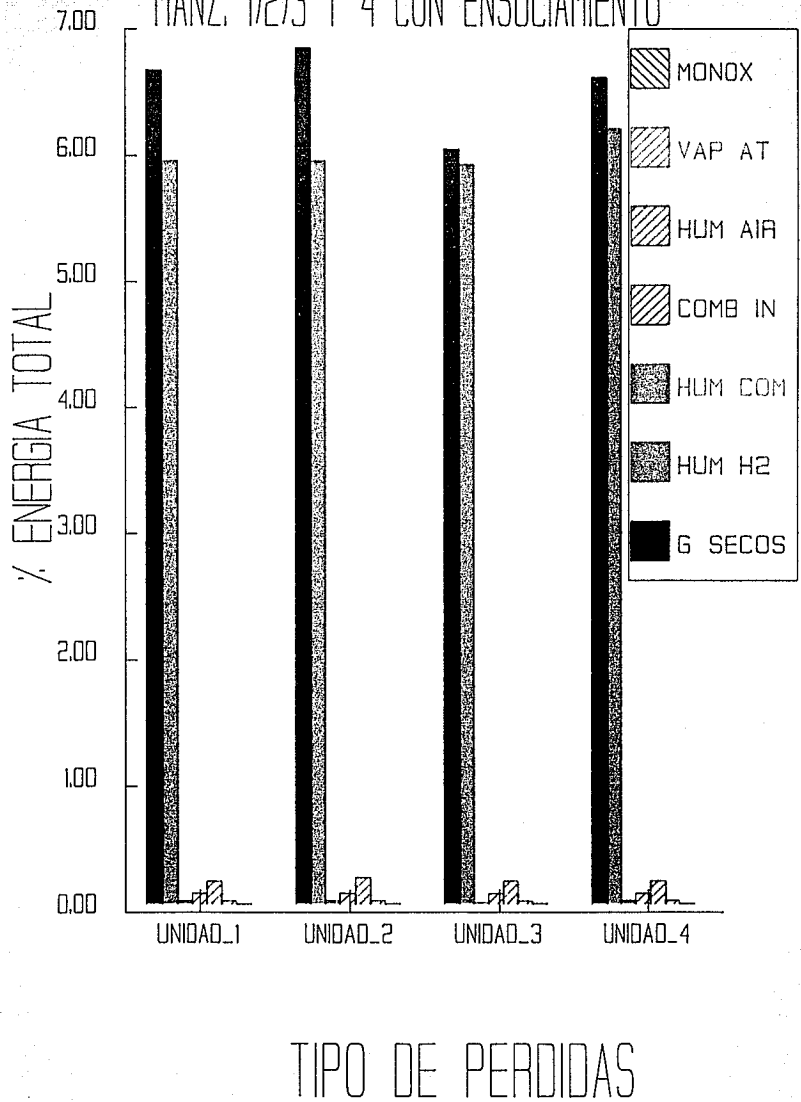
CARGA : 300 MW

FIGURA 6.3 EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR
 CTE MANZANILLO UNIDADES 1,2,3 Y 4



TIPO DE PERDIDAS

FIGURA 6.4 EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR
MANZ. 1/2/3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO



CAPITULO 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Existen diferencias en la transferencia de calor con generador de vapor limpio y sucio así como para cada unidad considerada. El programa de transferencia de calor tomando los datos de diseño no obtiene el valor de la temperatura del vapor a la salida del sobrecalentador y re-calentador de alta temperatura cuando los gases se encuentran a la salida del hogar a 1381°C para Manzanillo 1 y 2, 1360°C para 3 y 4 y 1354°C para Tula 5, teniendo que disminuir esta temperatura a 1369°C, 1328°C y 1342°C respectivamente. Lo anterior se debe a la diferencia de ecuaciones y correlaciones usadas por el fabricante y el programa de este estudio, probablemente el fabricante esté considerando un margen de seguridad que no se toma en cuenta en el programa.
2. Considerando los datos de diseño se nota la influencia de las características geométricas, pues Manzanillo 1 y 2 es similar a Tula 5 en que el número de serpentines del sobrecalentador de baja temperatura es igual al de intermedia y la mitad de los de alta

temperatura, pero diferente número para cada unidad. La tendencia en la transferencia de calor es muy parecida, aunque mejor distribuida en el diseño de tula 5 al utilizar menor número de serpentines en el SCBT y SCTI (36) pero un número mayor de elementos (mayor altura del banco), además de incluir entre el recalentador de baja temperatura y economizador un banco aletado llamado "evaporador" conectado entre los domos inferior y superior, con el objeto de hacer más estable la operación del domo superior, responder más rápidamente a las demandas bruscas de vapor, disminuir la cantidad de calor que absorbe el economizador y sobre todo, aprovechar mejor el calor de los gases saliendo éstos más fríos del economizador. Es lógico, porque Tula 5 es la unidad más moderna de los tres diseños considerados y de todas las unidades de 300 MW del sistema de CFE.

3. Manzanillo 3 y 4 tiene el mismo número de serpentines (72) desde el SCBT hasta el RCAT, lo cual hace que la transferencia de calor sea más distribuida en el SCTI y SCAT pero la más alta en el economizador, teniéndose ventajas y desventajas con ello. Entre las ventajas destaca:

(a) Obtención del vapor sobre y recalentado a una temperatura más controlada y cercana a la de diseño, 540.5°C en condiciones limpias.

(b) Ensuciamiento más parejo y uniforme al no existir tubos de un banco alineados con el hueco entre serpentines del banco inferior propiciando que no se formen depósitos de gran espesor.

Entre las desventajas están:

- (a) Con el ensuciamiento se vuelve más difícil el control de la temperatura del vapor sobre y recalentado, gastando más agua de atemperación.
- (b) En condiciones sucias aumenta más el calor que tiene que absorber el economizador, saliendo los gases todavía a 450°C de éste.

4. Definitivamente, al incluir el ensuciamiento se ve afectado el patrón de transferencia de calor reflejándose en la temperatura de los gases de combustión.
5. Considerando el ensuciamiento se observa que el mejor diseño es el de Tula 5 por tener la mayor separación transversal entre tubos al flujo de gases (31 cm en los sobrecalentadores de baja e intermedia y 15.5 cm en los bancos sobre y reca de alta temperatura), tener una mejor distribución del calor absorbido por el vapor en los bancos y salir los gases del economizador a 37°C mayor que de diseño, comparada con Manzanillo 1 y 2 de donde salen los gases con un incremento de 75°C y en las unidades 3 y 4 con 80°C.

Como punto de comparación para los valores calculados por el programa considerando el ensuciamiento se tomaron los del registro diario de la central observándose muy poca variación con los calculados.

Se tuvo oportunidad de medir la temperatura de metal puntual en 3 tubos (1 en el sobrecalentador y 2 en el recalentador, ambos de alta temperatura) del lado de los gases con termopares instalados en la unidad 4 después de haberse pulido el tubo, soldarle el termopar tipo E a 20 cm de la pared frontal (salida del vapor con temperatura alrededor de los 540°C) sacándolos por cámara muerta y llevándolos hasta la sala de control en donde se conectaron a un registrador multipunto obteniéndose una vez que la unidad alcanzó su carga continua los siguientes valores:

Tabla 6.1 Comparación de las temperaturas medidas y calculadas en la unidad no. 4 de la CTE Manzanillo. En °C

LUGAR	TEMPERATURA EXTERNA	
	CALCULADA	MEDIDA
SOBRECALENTADOR DE ALTA TEMP.		
PRIMER TUBO	506	
ULTIMO TUBO	577	573
RECALENTADOR DE ALTA TEMP.		
PRIMER TUBO	585	590
ULTIMO TUBO	580	585

Que son comparables a los calculados en condiciones de diseño porque las zonas de los tubos donde se instalaron los termopares se pulieron y la unidad entraba de un mantenimiento mayor (con duración de dos meses) donde se limpia lo mejor posible la escoria depositada en las superficies de calefacción. Los termopares duraron funcionando tres meses, notándose un ligero incremento en la temperatura a la mitad del tercer mes.

8. Se comprobó por las inspecciones realizadas y por los parámetros de operación monitoreados y registrados continuamente que el ensuciamiento no es lineal, es incipiente en los primeros tres meses, después de este tiempo aumenta gradualmente alcanzando un espesor considerable a los 6 meses de operación, manteniéndose con un incremento muy lento en los siguientes tres meses y de los 9 a los 12 meses se vuelve a incrementar fuertemente. Los depósitos con un espesor mayor se encontraron en unidades que no se lavaron en un año.
9. El problema más crítico del ensuciamiento se encuentra en los precalentadores regenerativos de aire donde a los 6 meses se incrementa considerablemente la presión diferencial siendo la causa de bajar la carga generada o sacar la unidad a mantenimiento.
10. Con el cálculo de la eficiencia se nota que el gasto de combustible es un parámetro importante así como el contenido de hidrógeno y la temperatura de los gases a la salida del precalentador regenerativo de aire, por ser las dos pérdidas más importantes: 1) el calor absorbido por la humedad producto de la combustión del hidrógeno, y 2) el calor absorbido por los gases secos.

Se midieron en planta los datos requeridos para el cálculo de la eficiencia. En condiciones limpias se buscó que las unidades estuvieran estabilizadas en la carga económica continua después de un mantenimiento en donde se lavaron las superficies de calefacción del generador de vapor. En condiciones sucias, poco antes de salir a mantenimiento, habiendo estado operando por seis a ocho meses continuos a carga económica.

Se puede observar que la eficiencia del generador de vapor después de 6 a 8 meses de operación disminuye hasta en un 2% que representa aproximadamente 3 toneladas por hora más de combustóleo.

RECOMENDACIONES

El ensuciamiento por el lado de los gases en un generador de vapor, es un fenómeno complejo del cual no existe mucha información, tal vez porque en los países industrializados existen pocos generadores de vapor que utilizan combustóleo y éste debe de cumplir con un estricto control de calidad, ya que por lo general se compra a países productores de petróleo, quedando para consumo nacional el de más baja calidad con un alto contenido de asfaltenos, metales, azufre y cenizas; y se quema en todo el sistema de plantas termoeléctricas de CFE, generadores de vapor de PEMEX e industrias paraestatales y privadas.

1. Por lo anterior, es recomendable continuar con los estudios del ensuciamiento para entender mejor todos los procesos y fenómenos de transporte y colaborar con el diseño de generadores de vapor apropiados para quemar más eficientemente el combustóleo, ayudar a disminuir los problemas tan severos de corrosión que vienen acompañados con el ensuciamiento así como el taponamiento de los precalentadores regenerativos de aire y algunos bancos de alta temperatura. Por otro lado, aumentar la disponibilidad de las centrales y ayudar a tener una operación normal con un periodo

largo entre mantenimientos.

2. Los aditivos que se han utilizado a base de óxido de magnesio no han dado los resultados que se quieren inyectándolo o dosificándolo con el combustible ni el que se suministra a la corriente de gases antes de los precalentadores regenerativos de aire, aunque a nivel laboratorio se ha encontrado que sí ayuda a formar depósitos más suaves, porosos de alto punto de fusión; siendo fácilmente removidos de las superficies metálicas. Por el contrario, han provocado problemas secundarios de reflexión de calor (pues el óxido de magnesio es un material aislante de buena calidad) alterando la transferencia de calor en un tiempo más corto que el que tardaría en alcanzar estas condiciones si no se usara. Por lo que es recomendable continuar con estudios sobre una mejor manera de dosificar los aditivos para que en realidad sean una buena alternativa de ayudar a disminuir y controlar el ensuciamiento y la corrosión en el generador de vapor.

3. Lo anterior se observó en las cuatro unidades de Manzanillo y la de Tula, probablemente existan otros diseños en donde el uso del aditivo sea benéfico. Como ejemplo existen casos reportados en la literatura donde se cambió el carbón por combustóleo, teniendo problemas para cumplir con la temperatura de vapor requerida en el sobrecalentador y recalentador, resolviéndose al inyectar aditivo con el combustible para reflejar mayor cantidad de calor del hogar a los bancos.

4. Se recomienda para todos los generadores de vapor de centrales termoeléctricas de C.F.E. que se implanten mantenimientos cada 6 meses con duración de 18 días en donde se lave a alta presión todas las superficies de calefacción procurando quitar todo el depósito de éstas; en lugar de los que funcionan actualmente en Manzanillo que son: 1) Un mantenimiento semestral de 6 días en donde se lavan precalentadores, economizadores, recalentador de baja temperatura y paredes del hogar (pero de una manera superficial debido al corto tiempo). 2) Anual con duración de 30 días en donde sí se lava a presión todas las partes de la caldera. y 3) Mayor, cada dos años, con duración de dos meses.

5. Que no se piense que el mantenimiento es para recuperar confiabilidad y disponibilidad únicamente, sino también, lo más importante, recuperar la eficiencia del generador de vapor y de todo el ciclo.

REFERENCIAS

1. Marner, W.J. "Gas-Side Fouling" Jet Propulsion Laboratory Pasadena, California, USA Mechanical Engineering V 108 N 3 Mar 1986. p 70-77
2. Gupta, A.K., Jackson, T.W. "Fouling and particulate deposition in practical systems". Dept. of Mechanical Engineering, Univ of Maryland. Journal of the Institute of Energy sept 1985 P 103-112
3. Epstein, N. "Thinking about heat transfer fouling a 5 X 5 matrix" Department of Chemical Engineering, Univ of British Columbia, Vancouver B.C. Canada. Heat Transfer Engineering vol 4 No.1 Jan-Mar 1983 p 43-56.
4. Epstein, N. "Fouling of Heat Exchangers" Department of Chemical Engineering, University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada. Fouling of heat transfer equipment. Hemisphere Publishing Corporation, USA 1981 p 701-734.
5. Meeter, V.V.; Krzyzhanovski, R.E.; Tchoodnovskaya, I.I.; Pavlof, I.S.; Konopelko, I.N. y Stern, Z.I. "Determination of surface ash and internal pipe deposit heat-transfer resistance in steam generator heat transfer calculation". Heat Transfer 1978-Proc. Sixth Int. Heat Transf. Conf. 4:385-390.

6. Lister, D.H. "Corrosion products in power generating systems". Fouling of heat transfer equipment. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, DC, USA 1981 p 135-200.
7. Collier, J.G. "Heat exchanger fouling and corrosion" Ukaea, Harwell, Engl. Heat exch sourceb publ by Hemisphere Publishing Corp. Washington, DC, USA, 1986 p 707-719.
8. O'Callaghan, M.G. "Fouling of heat transfer equipment: sumary review". MIT, Cambridge, MA, USA. Heat exch sourceb publ by Hemisphere Publishing Corp. Washington, DC, USA, 1986 p 745-755.
9. Knudsen, J.G. "Fouling of heat exchangers: are we solving the problem" Oregon State Univ. Chemical Engineering Dep. Corvallis, Oregon, USA, Chemical Engineering Progress V80 N2 Feb 1984 p 63-69.
10. Taborek, J.; Aoki, T.; Ritter, R.B.; Palen J.W.; Knudsen, J.G. "Fouling the major unresolved problem in heat transfer". Heat Transfer Res, Inc, Alhambra, Calif. Chemical Engineering Progress V68 N2 Feb 1972 p 59-67.
11. Somerscales, E.F.C. "Corrosion fouling" Resenlar Polytech Inst. Troy NY, USA. presented at the ASME/AICHE Heat Transfer Conf. 20th, Milwaukee, WIS, USA, Aug 2-5 1981 publ by ASME, New York, NY, USA, 1981 p 17-27.

12. Characklis, W.G.; Zolver, N.; Turakhia, M.; Nimmons, M.J. "Fouling and heat transfer" Montana State University, Bozeman, USA. Presented at the ASME/AICHE Heat Transfer Conf, 20th, Milwaukee, WIS, USA, Aug 2-5 1981. Publ by ASME, New York, NY, USA, 1981 p 1-15.
13. Roe, F.L.; Zolver, N.; Characklis, W.G. "Monitoring of fouling deposits: A Key to heat exchanger management" Bridger Scientific Inc. Intech V32 N9 Sep 1985 p 91-94.
14. Zanker, A. "Predict fouling by nomograph" Oil Refin LTD, Haifa ISR Hydrocarbon Processing V 57 N 3 Mar 1978 p 145-148.
15. Whitmore, P.J.; Meisen, A. "Estimation of thermo-and Diffusiophoretic particle deposition" University of BC, Vancouver Canadian Journal of Chemical Engineering V 55 N 3 Jun 1977 p 279-285.
16. Pinheiro, R.S. "Fouling of heat transfer surfaces" Universidade do Minho-grupo de Engenharia Braga, Portugal. publicado en Heat Exchangers Hemisphere Publishing, Corp., Washington, D.C. USA 1981.
17. Kestin, J.V.; Sengers, B.; Kamgar-Pars, J.M.H.; Levelt, S. "Thermophysical Properties of fluid H₂O". J. Phys. Chem. Ref. Data, vol. 13, No. 1, 1984

18. Ganapathy, V. "Applied heat transfer", PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, USA 1982.
19. Ganapathy, V. "Basic programs for steam plant engineers" (Mechanical Engineering; 47) Marcel Dekker, inc. NY USA 1986.
20. Central Electricity Generating Board "Modern Power Station Practice" Volume 2 Perqamon Press Headington Hall, Oxford 1971.
21. Somerscales E.F.C., Knudsen J.G. "Fouling of Heat Transfer Equipment" Hemisphere Publishing Corporation Washington, USA 1981.
22. Kakac, S.; Bergles, A.E.; Mayinger, F. "Heat Exchangers Thermal - Hydraulic Fundamentals and Design" Mc Graw Hill - Hemisphere Publishing Corporation Washington, USA 1981.
23. Central Termoeléctrica Manzanillo - Mitsubishi Heavy Industries "Instructivo del Generador de Vapor Mitsubishi". Gerencia General de Operación. Manzanillo, Col. 1982.
24. Balaguer, P.B.; Escalera, C.R.; Avilés, F.M.; Martínez, A.A.; Gómez, M.R.; Segura, S.M. "Dosificación óptima de aditivos para la combustión" informe técnico para C.F.E. IIE/12/1915/I 03/F VOL. 1 Y 2 Septiembre 1986.

25. Balaguer, P.B.; Escalera, C.R.; Avilés, F.M.; Menchaca, C.C.;
Gómez, M.R. "Evaluación comparativa de aditivos para la
combustión" informe técnico para C.F.E. IIE/12/2193/I 02/F VOL.
1 y 2 Julio 1987.

APENDICE A

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR CON DATOS
DE DISEÑO PARA LAS UNIDADES 1 Y 2 DE LA C.T. MANZANILLO**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1368.87 SALIDA: 1311.92

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	363.566	0.000000E+00	358.557
SALIDA:	382.550	0.000000E+00	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	180.159	0.000000E+00	186.951
SALIDA:	178.783	0.000000E+00	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
890.000	890.000	853.672

CALOR ABSORBIDO (mw)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
38.5414	0.000000E+00	0.381786

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
412.001	0.000000E+00	368.787

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
392.724	0.000000E+00	365.507

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
403.442	0.000000E+00	365.050

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
392.629	0.000000E+00	368.210

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

SERPENTIN	PORTANTE	PARED
303.460	0.000000E+00	8.12680

MANZANILLO U-1 Y 2 CARGA : ECR

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1311.92 SALIDA: 1310.96

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	363.137	358.557
SALIDA:	0.000000E+00	363.566	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.181	186.951
SALIDA:	0.000000E+00	180.159	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	890.000	855.254

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.22979	0.329212

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	374.882	367.336

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	371.696	365.019

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	371.451	364.128

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	374.455	367.327

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	3.87800	7.38800

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA : ECR

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1310.96 SALIDA: 1167.93

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	382.550	362.760	358.557
SALIDA:	442.503	363.137	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	178.783	180.343	186.951
SALIDA:	177.665	180.181	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	890.000	890.000	867.617

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	71.5118	1.36856	3.57353

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	428.121	376.287	368.817

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	440.919	373.379	365.327

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	419.458	372.265	365.065

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	479.069	374.000	367.276

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	849.672	29.0860	55.0410

MANZANILLO U-1 Y 2 CARGA : ECR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1167.93 SALIDA: 1155.47

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	362.123	358.557
SALIDA:	409.406	362.760	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.405	186.951
SALIDA:	177.665	180.343	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	954.410	890.000	888.952

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.97840	4.44105

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	378.084	370.837

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	374.807	368.477

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	374.286	366.681

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	377.386	370.648

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	36.8400	85.1260

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA = ECR

SC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1155.47 SALIDA: 913.908

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	409.406	360.538	358.557
SALIDA:	542.509	362.123	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	177.612	180.436	186.951
SALIDA:	175.838	180.405	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	912.750	890.000	899.361

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	114.851	5.03224	2.16679

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	481.793	381.313	370.156

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	514.416	374.675	365.264

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	471.755	377.673	366.227

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	579.953	374.019	366.640

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1960.00	131.856	62.5350

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA : ECR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 913.908 SALIDA: 905.140

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	359.662	358.557
SALIDA:	0.000000E+00	360.528	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.460	186.951
SALIDA:	0.000000E+00	180.436	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	890.000	905.989

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.95906	1.37970

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	371.698	365.524

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	368.702	363.952

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	369.541	363.162

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	370.729	365.414

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	100.830	48.4120

MANZANILLO U-1 Y 2 CARGA : ECR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 905.140 SALIDA: 862.159

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	501.228	359.467	358.557
SALIDA:	540.550	359.662	358.557

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	39.3012	180.465	186.951
SALIDA:	39.0730	180.460	186.951

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	807.480	890.000	907.425

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	20.1785	0.690223	0.298789

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	588.606	372.486	366.592

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	554.097	369.748	363.699

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	586.129	369.960	363.867

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	549.067	371.399	365.960

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	570.730	23.2680	11.1720

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA : ECR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 862.159 SALIDA: 831.594

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	357.659	358.557	357.292
SALIDA:	.000000E+00	359.467	358.557	357.599

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	180.521	186.951	184.000
SALIDA:	.000000E+00	180.465	186.951	183.762

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR
	.000000E+00	890.000	934.378	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR
	.000000E+00	6.94285	5.61060	2.39469

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO	(SER - TUBO	GRADOS C)		
SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR	
.000000E+00	370.077	363.465	364.262	

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO	(SER - TUBO	ENT. - BCO. C)		
SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR	
.000000E+00	366.913	363.974	362.867	

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO	(Centigrados)			
SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR	
.000000E+00	367.936	363.118	361.916	

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO	(ULTIMO TUBO C)			
SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR	
.000000E+00	368.008	365.113	364.142	

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PA RED	POSTERIOR
	.000000E+00	232.626	195.530	83.8000

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA: ECR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 831.594 SALIDA: 805.382

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	311.954	356.219	357.599
SALIDA:	.000000E+00	327.128	357.659	357.954

PRESION VAPOR (Kg/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	186.449	180.652	183.762
SALIDA:	.000000E+00	186.209	180.521	183.572

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	901.100	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	3.72339	6.68043	2.34364

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	323.296	365.176	364.369

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	320.259	362.886	363.100

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	320.874	362.927	362.119

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	320.612	363.420	364.345

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	121.700	239.136	84.7100

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 805.382 SALIDA: 568.443

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	302.646	310.451	356.012	357.954

SALIDA:	501.238	311.954	356.219	358.008
---------	---------	---------	---------	---------

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	39.9709	186.774	180.791	183.572

SALIDA:	39.3013	186.449	180.652	183.376
---------	---------	---------	---------	---------

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	807.480	901.100	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	107.589	2.13295	1.42908	.847937

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	547.645	320.954	363.619	364.831

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	432.536	314.564	360.927	362.058

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	545.786	318.465	361.357	362.573

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	344.672	315.247	359.542	361.243

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	5300.00	104.300	80.4240	54.7200

MANZANILLO U-1 Y 2

CARGA : ECR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 568.443 SALIDA: 565.506

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	309.856	355.975	358.008
SALIDA:	.000000E+00	310.451	356.012	358.032

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	186.930	180.829	183.376
SALIDA:	.000000E+00	186.774	180.791	183.345

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	901.100	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.840463	.305979	.203288

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	313.663	358.465	360.287

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.115556E-31	.257139E-37	.236936E-37

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	312.775	357.721	359.547

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	313.052	358.399	360.279

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	80.0000	34.7800	23.4100

MANZANILLO U-1 Y 2 CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 565.506 SALIDA: 348.612

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	232.694	.000000E+00	355.931	358.032

SALIDA:	309.856	.000000E+00	355.975	358.111
---------	---------	-------------	---------	---------

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	188.376	.000000E+00	181.003	183.345

SALIDA:	186.930	.000000E+00	180.829	183.128
---------	---------	-------------	---------	---------

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	901.100	.000000E+00	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	95.7640	.000000E+00	.628945	.516444

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	321.899	.000000E+00	358.852	360.708

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	358.868	.000000E+00	356.941	359.488

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	320.169	.000000E+00	357.981	359.842

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	238.279	.000000E+00	355.847	357.989

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	11834.0	.000000E+00	76.2960	51.3400

MANZANILLO U-1 Y 2 CARGA : ECR

APENDICE A

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR CON DATOS
DE DISEÑO PARA LAS UNIDADES 3 Y 4 DE LA C.T. MANZANILLO**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1328.00 SALIDA: 1247.19

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	362.148	0.000000E+00	357.980
SALIDA:	385.802	0.000000E+00	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	181.571	0.000000E+00	185.651
SALIDA:	180.693	0.000000E+00	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	891.660	891.660	884.610

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	52.4243	0.000000E+00	0.553799

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	413.222	0.000000E+00	368.348

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	407.164	0.000000E+00	364.861

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	402.263	0.000000E+00	364.572

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	432.315	0.000000E+00	367.484

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	468.180	0.000000E+00	12.0000

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1247.19 SALIDA: 1245.46

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	385.802	357.980
SALIDA:	391.105	386.264	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.693	185.651
SALIDA:	180.046	180.688	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	886.323

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	0.715385	0.361833

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	407.911	368.326

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	402.513	365.659

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	403.928	364.853

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	408.334	368.306

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	13.9660	9.00000

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1245.46 SALIDA: 1061.85

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	393.054	386.264	357.980
SALIDA:	482.163	388.500	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	178.716	180.688	185.651
SALIDA:	177.219	180.655	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	901.660	891.660	896.448

CALOR ABSORRIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	90.9681	3.39110	2.13828

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	450.986	411.552	369.690

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	472.065	402.979	365.326

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	439.772	407.040	365.756

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	523.092	408.440	367.267

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1277.53	85.9600	55.3800

MANZANILLO

U-3 Y 4

CARGA : ECR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1061.85 SALIDA: 1054.02

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	388.500	357.980
SALIDA:	459.645	390.160	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.655	185.651
SALIDA:	177.219	180.638	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	929.660	891.660	904.059

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.44534	1.60736

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	408.741	367.335

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	405.334	365.287

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	405.169	364.188

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	410.209	367.231

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	65.0600	41.9100

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

SC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1054.02 SALIDA: 918.010

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	459.645	390.160	357.980
SALIDA:	540.489	391.862	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	177.087	180.628	185.651
SALIDA:	175.146	180.596	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	907.600	891.660	911.364

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	65.5856	2.45097	1.54278

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	506.451	409.440	366.759

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	528.603	402.575	363.434

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	498.226	406.090	363.805

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	573.604	407.231	365.044

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1440.21	83.6500	53.8900

MANZANILLO U-3 Y 4 CARGA : ECR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 918.010 SALIDA: 911.921

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	391.862	357.980
SALIDA:	0.000000E+00	393.171	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	180.596	185.651
SALIDA:	0.000000E+00	180.570	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	917.189

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.84726	1.23023

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	407.125	364.957

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	403.623	363.367

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	404.496	362.608

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	408.290	364.881

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	67.3800	43.4100

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 911.921 SALIDA: 872.931

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	504.543	393.171	357.980
SALIDA:	540.550	393.606	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	39.5334	180.570	185.651
SALIDA:	38.7300	180.559	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	802.780	891.660	919.611

CALOR ABSORBIDO (m.w)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	18.5029	0.608315	0.511644

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	582.451	408.344	364.887

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	552.382	402.935	362.511

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	576.335	405.749	362.560

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	546.359	407.656	364.401

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	569.020	25.5600	21.4100

MANZANILLO U-3 Y 4 CARGA : ECR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 872.931 SALIDA: 852.124

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	393.606	357.980	357.980
SALIDA:	.000000E+00	396.955	357.980	358.320

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	180.559	185.651	185.549
SALIDA:	.000000E+00	180.480	185.651	185.365

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	891.660	935.579	891.660

CALOR ABSORBIDO (mwh)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	456.767	3.37214	2.47284

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	409.317	365.093	364.139

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	407.043	363.605	363.082

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	406.645	362.694	362.186

TEMP. EXT. DE METAL SALID. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	412.257	364.874	364.226

AREAS DE CALEFACCION (m²)

	SERPENTIN	PORT ANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	160.290	113.700	84.1200

MANZANILLO 10-3 Y 4

CARGA : ECR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 852.124 SALIDA: 833.484

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	329.612	360.609	358.320
SALIDA:	.000000E+00	331.508	362.149	358.942

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	186.468	184.605	185.365
SALIDA:	.000000E+00	186.346	184.595	185.139

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	930.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	3.65468	1.80800	3.83083

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	339.870	368.293	364.518

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	337.200	366.664	363.678

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	337.726	366.367	362.590

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	337.626	367.745	364.899

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	116.190	60.9500	130.260

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 833.484 SALIDA: 632.090

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	340.314	328.656	360.453	358.942
SALIDA:	504.543	329.613	360.609	359.064

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	40.1253	186.666	184.639	185.139
SALIDA:	39.5334	186.468	184.605	185.109

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	802.780	930.510	891.660	891.660

CALOR ABSORRIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	95.1659	1.58984	.701488	.670360

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	551.040	337.770	367.885	365.176

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	446.565	333.680	360.531	362.409

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	548.916	335.611	365.999	363.275

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	369.557	333.615	364.654	362.651

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	3721.00	79.1000	41.5000	30.6300

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 632.090 SALIDA: 627.708

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	327.732	360.404	359.064
SALIDA:	.000000E+00	328.656	360.453	359.103

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	186.817	184.690	185.109
SALIDA:	.000000E+00	186.666	184.639	185.089

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	930.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	1.51940	.325932	.241155

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	332.338	363.606	361.823

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. ECO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.847409E-32	.257139E-37	.236936E-37

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	331.364	362.775	360.988

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	331.387	363.512	361.817

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	112.320	26.8100	19.7900

MANZANILLO U-3 Y 4

CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 627.708 SALIDA: 373.006

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	240.404	.000000E+00	360.383	359.103
SALIDA:	327.732	.000000E+00	360.404	359.156

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	186.995	.000000E+00	184.762	185.089
SALIDA:	186.817	.000000E+00	184.690	184.987

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	930.510	.000000E+00	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	117.088	.000000E+00	.168810	.146992

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	339.123	.000000E+00	363.934	362.230

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	384.068	.000000E+00	360.393	357.737

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	337.424	.000000E+00	363.015	361.308

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	245.466	.000000E+00	360.554	359.317

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	12234.0	.000000E+00	46.3100	34.1900

MANZANILLO U-3 Y 4 CARGA : ECR

APENDICÉ A

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR CON DATOS
DE DISEÑO PARA LA UNIDAD 5 DE LA C.T. TULA**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1342.21 SALIDA: 1297.50

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	361.000	0.0000 0E+00	358.780
SALIDA:	372.301	0.0000 0E+00	358.780

PRESION VAPOR (Kg f/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	182.000	0.0000 0E+00	187.454
SALIDA:	181.616	0.0000 0E+00	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	909.070	909.070	900.476

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	30.5120	0.0000 0E+00	2.07809

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	399.542	0.0000 0E+00	373.423

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	393.256	0.0000 0E+00	369.858

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	390.027	0.0000 0E+00	368.482

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	408.791	0.0000 0E+00	372.757

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	225.380	0.0000 0E+00	35.0000

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1297.50 SALIDA: 1295.48

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	372.301	358.780
SALIDA:	383.352	373.440	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	181.616	187.454
SALIDA:	181.152	181.601	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	909.070	903.470

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.40250	0.612543

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	387.486	370.359

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	384.311	367.526

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	383.963	366.452

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	388.591	370.334

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	10.3900	13.4900

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1295.48 SALIDA: 1127.79

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	383.300	373.440	358.780
SALIDA:	461.026	374.469	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	180.550	181.601	187.454
SALIDA:	178.455	181.584	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	909.070	909.070	915.914

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	87.9439	2.11131	2.57561

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	438.288	389.113	370.459

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	455.827	373.955	366.404

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	426.810	385.596	366.515

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	501.711	387.356	368.368

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1160.38	50.4900	65.5500

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1127.79 SALIDA: 1115.02

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	374.469	358.780
SALIDA:	439.639	376.435	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	181.584	187.454
SALIDA:	178.455	181.516	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	939.070	909.070	929.929

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	3.92543	2.90077

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TURO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	389.505	370.015

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TURO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	387.444	367.744

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	386.093	366.214

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TURO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	391.285	369.829

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	82.8500	61.4800

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

SC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1115.02 SALIDA: 951.301

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	439.639	376.435	358.780
SALIDA:	539.643	377.928	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	178.327	181.516	187.454
SALIDA:	176.590	181.501	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	913.130	909.070	939.123

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	81.6120	2.81482	1.90284

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	498.839	390.022	368.628

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	523.515	377.182	364.840

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	487.854	387.050	365.294

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	576.521	388.543	366.496

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1603.22	89.8340	58.3300

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 951.301 SALIDA: 943.994

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	377.928	358.780
SALIDA:	0.000000E+00	379.158	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	181.501	187.454
SALIDA:	0.000000E+00	181.447	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	909.070	946.373

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.29889	1.50066

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	388.374	366.390

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	386.660	364.695

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	386.076	363.811

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	389.502	366.296

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	73.9000	47.9800

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 943.994 SALIDA: 892.717

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	490.974	379.158	358.780
SALIDA:	540.600	379.499	358.780

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	39.0778	181.447	187.454
SALIDA:	38.8300	181.443	187.454

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	809.240	909.070	948.307

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	25.5101	0.613693	0.400271

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	586.088	389.349	366.099

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	547.515	379.329	363.543

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	583.285	387.154	363.618

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	536.497	388.773	365.458

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	716.572	24.0390	15.6100

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 892.717 SALIDA: 865.662

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	379.499	358.780	359.000
SALIDA:	.000000E+00	383.331	358.780	359.466

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	181.443	187.454	184.000
SALIDA:	.000000E+00	181.272	187.454	183.745

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	909.070	969.625	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	6.75064	4.41227	2.73184

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	390.296	366.491	367.048

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	390.021	364.914	365.607

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	387.966	363.872	364.434

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	393.771	366.177	367.099

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	209.200	135.840	84.8200

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 865.662 SALIDA: 847.450

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	307.012	358.780	360.445	359.466
SALIDA:	.000000E+00	309.761	358.780	361.000	359.797

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	183.098	187.454	182.640	183.745
SALIDA:	.000000E+00	183.933	187.454	182.500	183.676

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	241.409	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	3.34479	2.08852	2.32053	1.55928

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	316.912	363.027	368.656	366.144

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	314.376	362.214	366.929	365.026

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	314.690	361.259	366.674	364.160

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	314.654	362.938	367.879	366.231

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	99.3136	66.2100	75.4100	50.8100

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 847.450 SALIDA: 615.543

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	287.096	306.264	358.780	360.281	359.797
SALIDA:	490.974	307.012	358.780	360.445	359.907

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	39.6145	183.319	187.454	182.716	183.676
SALIDA:	39.0778	183.098	187.454	182.640	183.638

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	809.240	978.510	237.988	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	112.374	1.12927	.708119	.791910	.544887

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	539.127	314.471	362.821	367.615	366.152

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	422.305	311.627	360.858	364.179	362.690

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	537.029	312.322	361.141	365.757	364.292

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	332.346	310.592	360.926	364.055	363.238

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	3721.00	58.0240	38.6800	44.0550	29.6900

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 615.543 SALIDA: 613.736

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	306.045	358.780	360.246	359.907
SALIDA:	.000000E+00	306.264	358.780	360.281	359.930

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	183.426	187.454	182.750	183.638
SALIDA:	.000000E+00	183.319	187.454	182.716	183.618

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	237.068	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.331388	.190428	.211967	.142875

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	309.319	360.333	363.046	362.364

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. ECO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	308.442	359.938	362.349	361.773

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	308.439	359.682	362.332	361.649

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	309.095	360.317	362.995	362.369

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	26.8500	17.8960	20.4600	13.7900

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

EVAPORADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 613.736 SALIDA: 509.997

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	358.780	305.943	360.336	359.930
SALIDA:	358.780	306.045	360.246	359.943

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	187.454	183.510	182.774	183.618
SALIDA:	187.454	183.426	182.750	183.612

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	236.865	978.510	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	49.3665	.154940	.973740E-01	.694888E-01

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	363.789	309.762	363.532	362.859

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	451.800	309.080	361.959	361.011

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	361.927	308.692	362.685	362.010

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	361.764	308.412	362.179	361.675

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	4880.00	15.3400	11.6500	7.85000

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

CAVIDAD 7

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 509.997 SALIDA: 508.781

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	305.749	360.219	359.943
SALIDA:	.000000E+00	305.943	360.236	359.950

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	183.631	182.817	183.612
SALIDA:	.000000E+00	183.510	182.774	183.579

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.293767	.167694	.113167

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	307.889	361.813	361.349

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	307.296	361.414	361.005

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	307.329	361.407	360.942

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	307.691	361.786	361.344

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	37.5000	28.5450	19.2300

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 508.781 SALIDA: 338.814

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	248.379	.000000E+00	360.216	359.950
SALIDA:	305.749	.000000E+00	360.219	359.978

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	186.708	.000000E+00	182.937	183.579
SALIDA:	183.631	.000000E+00	182.817	183.407

GASIO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	978.510	.000000E+00	909.070	909.070

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	78.1982	.000000E+00	.202789	.174106

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	311.465	.000000E+00	362.068	361.604

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	346.480	.000000E+00	360.688	359.941

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	310.232	.000000E+00	361.593	361.128

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	250.949	.000000E+00	359.954	359.743

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	12200.0	.000000E+00	39.8500	26.8500

CTE TULA UNIDAD 5 CARGA : ECR

APENDICE B

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR
CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO PARA LAS
UNIDADES 1 Y 2 DE LA C.T. MANZANILLO**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1376.89 SALIDA: 1341.39

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	364.253	0.000000E+00	356.390
SALIDA:	395.000	0.000000E+00	356.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	175.034	0.000000E+00	182.114
SALIDA:	174.000	0.000000E+00	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	890.000	890.000	858.051

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	51.8153	0.000000E+00	0.340254

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (1ER. TURO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	456.671	0.000000E+00	386.806

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TURO SAL. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	427.999	0.000000E+00	378.541

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	436.968	0.000000E+00	375.497

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TURO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	425.653	0.000000E+00	385.743

AREAS DE CALCEACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	303.460	0.000000E+00	8.12680

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA:	1341.29	SALIDA:	1340.56
----------	---------	---------	---------

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	364.075	336.390
SALIDA:	0.000000E+00	364.253	336.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	175.047	182.114
SALIDA:	0.000000E+00	175.024	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	890.000	859.433

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	0.453357	0.302795

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	385.766	374.529

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	380.738	370.303

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	378.667	367.651

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	385.585	374.515

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	3.87800	7.38800

MANZANILLO 0-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ECR

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1340.56 SALIDA: 1237.43

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	395.000	363.641	356.390
SALIDA:	454.628	364.075	356.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	174.000	175.225	182.114
SALIDA:	172.338	175.047	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	890.000	890.000	870.113

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	61.1715	1.30596	2.34165

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	475.175	387.878	376.489

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	466.092	384.504	370.707

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	428.496	379.981	368.865

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	513.924	385.032	374.382

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	849.672	29.0860	55.0410

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : SCR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA:	1237.43	SALIDA:	1237.79
----------	---------	---------	---------

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	352.927	356.390
SALIDA:	414.477	363.641	356.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	175.239	182.114
SALIDA:	172.328	175.225	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	950.000	890.000	889.057

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.83649	4.15348

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	391.727	382.742

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	386.792	378.500

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	382.687	373.065

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	390.941	382.454

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	36.8400	85.1260

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : RCR

SC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1227.79 SALIDA: 1033.75

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	414.477	360.671	356.390
SALIDA:	541.062	362.927	356.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	172.274	175.321	182.114
SALIDA:	170.270	175.289	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	950.000	890.000	900.824

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	110.474	5.87351	2.57984

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	535.542	400.549	385.141

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	502.262	391.212	375.048

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	545.789	391.679	374.575

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	595.749	390.136	378.739

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1960.00	121.856	62.5350

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1033.75 SALIDA: 1035.88

	TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)		
	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	359.525	356.390
SALIDA:	0.000000E+00	360.671	356.390

	PRESION VAPOR (Kgf/cm ²)		
	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	175.344	182.114
SALIDA:	0.000000E+00	175.321	182.114

	GASTO VAPOR (ton/hr)		
	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	890.000	907.752

	CALOR ABSORBIDO (mw)		
	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	3.23307	1.52105

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRUPOS C)	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	382.918	373.773

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	378.133	370.512

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	377.623	367.307

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL. BANCO (ULTIMO TUBO C)	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	381.633	373.571

	AREAS DE CALEFACCION (mts ²)		
	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	100.830	48.4120

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA = SCR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1025.88 SALIDA: 985.346

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	489.823	359.222	356.390
SALIDA:	535.000	359.525	356.390

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	37.3092	175.350	182.114
SALIDA:	37.0730	175.344	182.114

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	807.480	890.000	909.508

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	23.1073	0.888005	0.382927

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	598.181	377.844	372.960

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO SAL. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	562.639	376.001	367.944

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	592.305	374.202	366.933

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	553.875	376.452	371.957

AREAS DE CALSEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	570.730	23.2680	11.1720

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 985.346 SALIDA: 956.940

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	356.755	356.390	358.000
SALIDA:	.000000E+00	359.222	356.390	358.560

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	175.404	182.114	178.000
SALIDA:	.000000E+00	175.350	182.114	177.727

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	890.000	939.879	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	7.82338	6.65866	2.50649

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	373.163	370.371	377.027

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	369.391	369.716	374.169

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	370.342	365.280	370.337

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	370.461	369.833	376.708

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	232.686	195.530	83.8000

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 956.940 SALIDA: 932.467

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	343.905	354.652	358.560
SALIDA:	.000000E+00	343.225	356.755	359.173

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	183.053	175.537	177.727
SALIDA:	.000000E+00	182.688	175.404	177.494

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	970.000	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	4.07494	8.01903	2.47588

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	355.607	371.902	377.150

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TUBO ENT. BANCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	352.941	368.123	374.536

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	352.643	366.959	370.638

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	353.647	369.339	376.983

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	121.700	239.136	84.7100

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 932.467 SALIDA: 680.882

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	335.929	342.648	354.252	359.173
SALIDA:	489.823	343.905	354.652	359.403

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	37.8062	183.346	175.680	177.494
SALIDA:	37.3092	183.053	175.537	177.250

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	807.480	970.000	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	139.991	2.64664	2.01716	1.21891

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	549.519	355.137	367.168	371.417

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	412.704	348.264	363.619	367.430

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	546.937	351.738	363.150	367.473

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	305.991	349.212	361.340	366.269

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	5300.00	104.300	60.4240	54.7200

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : MCR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 680.882 SALIDA: 677.413

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	342.087	354.164	359.403
SALIDA:	.000000E+00	342.648	354.252	359.479

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	183.500	175.718	177.250
SALIDA:	.000000E+00	183.346	175.680	177.209

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	970.000	890.000	890.000

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	1.16117	.479653	.316964

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	347.053	359.024	364.087

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	345.727	357.860	363.032

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	345.729	357.539	362.615

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	346.474	358.894	364.112

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	80.0000	34.7800	23.4100

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 677.413 SALIDA: 424.309

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	249.330	.000000E+00	354.108	359.479
SALIDA:	342.087	.000000E+00	354.164	359.526

PREISION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	184.661	.000000E+00	175.899	177.209
SALIDA:	183.500	.000000E+00	175.718	176.948

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	970.000	.000000E+00	890.000	890.000

CALOR ABSORRIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	137.565	.000000E+00	.608809	.297649

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TURO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	358.992	.000000E+00	359.983	365.214

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TURO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	357.227	.000000E+00	358.484	363.094

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	355.953	.000000E+00	358.191	363.411

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TURO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	358.238	.000000E+00	355.382	360.695

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	11834.0	.000000E+00	76.2960	51.3400

MANZANILLO U-1 Y 2 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : MCR

APENDICE B

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR
CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO PARA LAS
UNIDADES 3 Y 4 DE LA C.T. MANZANILLO**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1355.29 SALIDA: 1306.73

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	362.000	0.000000E+00	357.980
SALIDA:	397.908	0.000000E+00	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	170.592	0.000000E+00	185.651
SALIDA:	170.000	0.000000E+00	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	891.660	891.660	867.650

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	57.0351	0.000000E+00	0.527553

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	437.565	0.000000E+00	385.823

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	436.867	0.000000E+00	377.936

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	418.555	0.000000E+00	375.375

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	466.467	0.000000E+00	384.466

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	468.190	0.000000E+00	12.0000

**MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR**

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1306.73 SALIDA: 1305.49

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	397.908	357.980
SALIDA:	390.013	398.325	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	170.000	185.651
SALIDA:	170.799	169.790	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	869.199

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	0.503873	0.327185

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	428.202	379.254

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	421.543	374.435

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	422.164	371.463

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	428.580	379.226

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	13.9660	9.00000

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1305.49 SALIDA: 1176.12

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	394.221	398.325	357.980
SALIDA:	474.303	401.134	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	168.804	169.792	185.651
SALIDA:	167.794	169.694	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	936.660	891.660	879.460

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	80.3352	3.32678	2.16716

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	466.643	434.382	383.178

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	434.212	425.056	375.340

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	450.366	427.217	373.945

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	530.650	432.059	379.738

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1277.53	85.9600	55.3800

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1176.12 SALIDA: 1169.70

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	401.124	357.980
SALIDA:	457.081	403.318	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	169.694	185.651
SALIDA:	167.794	169.666	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	958.660	891.660	887.395

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.54576	1.67585

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	432.785	380.134

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	438.048	376.082

TEMP. PROMEDIOD DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	436.537	372.010

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	434.730	379.960

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	65.0600	41.9100

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

SC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1169.70 SALIDA: 1056.41

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	457.081	403.318	357.980
SALIDA:	541.459	405.855	357.980

FRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	167.650	169.666	185.651
SALIDA:	166.000	169.632	185.651

GASIO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	950.000	891.660	896.390

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	67.8150	2.88407	1.89963

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	522.337	436.568	380.978

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	499.270	427.547	373.591

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	508.156	430.068	372.542

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	589.400	434.294	377.825

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1440.21	83.6500	53.8900

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1058.41 SALIDA: 1052.90

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	405.855	357.980
SALIDA:	0.000000E+00	407.779	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	169.632	185.651
SALIDA:	0.000000E+00	169.604	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	903.139

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	2.13661	1.42528

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	432.156	376.256

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	428.105	372.785

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	427.054	369.550

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	433.861	376.113

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	67.3800	43.4100

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ECR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1052.90 SALIDA: 1016.12

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	481.489	407.770	357.980
SALIDA:	525.000	408.426	357.980

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	39.5025	169.604	185.651
SALIDA:	38.7300	169.593	185.651

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	802.780	891.660	906.145

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	22.3458	0.724319	0.634930

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	586.985	437.654	375.031

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO SAL. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	553.285	430.059	370.191

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	576.341	431.532	368.781

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	544.514	436.621	374.129

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	569.020	25.5600	21.4100

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1016.12 SALIDA: 998.368

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	408.426	357.980	359.500
SALIDA:	.000000E+00	412.999	357.980	360.346

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	169.593	185.651	174.250
SALIDA:	.000000E+00	169.511	185.651	174.016

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	891.660	923.788	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	4.95415	3.72608	2.71468

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	437.268	374.339	379.360

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	435.120	371.703	376.598

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	431.381	366.336	372.695

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	441.258	374.003	379.643

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	160.290	113.700	84.1200

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 998.369 SALIDA: 982.429

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	356.300	361.258	360.346
SALIDA:	.000000E+00	357.465	362.605	361.799

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	184.792	172.783	174.016
SALIDA:	.000000E+00	184.500	172.846	173.694

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	3.93695	2.00091	4.26270

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	369.555	380.127	377.096

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	357.511	377.069	375.231

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	365.519	374.680	371.643

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	368.335	379.142	378.093

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	116.190	60.9500	130.260

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 982.429 SALIDA: 760.633

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	340.187	355.569	360.841	361.799
SALIDA:	481.489	356.300	361.258	362.146

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	39.9662	184.964	172.811	173.694
SALIDA:	39.5025	184.792	172.783	173.638

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	802.780	978.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	134.561	2.35596	1.08290	.941103

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULT. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	551.913	371.509	383.281	382.268

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (ULT. TUBO SAL. BAN. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	421.797	357.635	361.049	374.259

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	546.258	366.508	376.790	375.669

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (PRIMER TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	322.091	365.488	375.069	375.288

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	3721.00	79.1000	41.5000	30.6300

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 760.633 SALIDA: 755.830

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	354.882	360.686	362.146
SALIDA:	.000000E+00	355.569	360.841	362.268

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	185.100	172.864	173.638
SALIDA:	.000000E+00	184.964	172.811	173.602

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	2.10771	.478748	.355964

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TURO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	362.985	371.479	372.116

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TURO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	357.703	369.171	369.751

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	360.565	368.285	368.926

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TURO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	362.247	371.215	372.116

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	112.320	26.8100	19.7900

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 755.830 SALIDA: 453.393

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	242.421	.000000E+00	362.480	362.268
SALIDA:	354.882	.000000E+00	360.686	362.373

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	185.807	.000000E+00	172.992	173.602
SALIDA:	185.100	.000000E+00	172.864	173.368

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	978.510	.000000E+00	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	177.779	.000000E+00	.663420	.369032

TEMP. EXT. DE METAL	SAL. DEL BANCO (ULT. TUBO	GRADOS C)		
SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR	
377.648	.000000E+00	371.807	372.622	

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (ULT. TUBO SAL. BAN. C)				
SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR	
357.891	.000000E+00	365.430	366.407	

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)				
SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR	
373.492	.000000E+00	368.635	369.453	

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (PRIMER TUBO C)				
SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR	
254.503	.000000E+00	363.114	364.768	

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	12234.0	.000000E+00	46.3100	24.1900

MANZANILLO U-3 Y 4 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

APENDICE B

**RESULTADOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR
CONSIDERANDO EL ENSUCIAMIENTO PARA LA
UNIDAD 5 DE LA C.T. TULA**

SC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1382.15 SALIDA: 1350.44

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	365.000	0.000000E+00	356.764
SALIDA:	366.268	0.000000E+00	356.764

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	178.000	0.000000E+00	182.941
SALIDA:	177.571	0.000000E+00	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	891.660	891.660	892.392

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	39.8096	0.000000E+00	1.41891

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	442.163	0.000000E+00	390.435

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	434.995	0.000000E+00	383.604

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	420.547	0.000000E+00	378.185

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	460.556	0.000000E+00	389.394

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	226.380	0.000000E+00	36.0000

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : MCR

CAVIDAD 1

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1350.44 SALIDA: 1348.90

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	386.268	356.764
SALIDA:	396.934	387.362	356.764

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	177.571	182.941
SALIDA:	177.086	177.555	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	894.476

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.61740	0.474678

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	412.900	387.039

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	407.912	380.156

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	405.650	376.039

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	413.944	387.012

AREAS DE CALETACION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	10.3900	13.4900

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : 6CR

SC TEMP INTERMEDIA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1348.90 SALIDA: 1213.49

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	396.934	387.362	356.764
SALIDA:	467.681	388.430	356.764

PRESSION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	177.155	177.555	182.941
SALIDA:	175.200	177.541	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	896.660	891.660	904.443

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	71.4057	1.55194	2.16693

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (IER. TUBO GRAUOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	469.535	412.671	375.935

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (IER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	481.721	387.896	370.214

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	451.718	405.993	368.924

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	525.084	410.251	373.319

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1160.38	50.4900	65.5500

TULA UNIDAD S CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 2

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1213.49 SALIDA: 1202.27

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	388.430	356.764
SALIDA:	458.166	390.843	356.764

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	177.541	182.941
SALIDA:	175.200	177.469	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	908.660	891.660	916.459

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	3.45572	2.61208

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	416.572	378.041

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	413.364	374.632

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	409.019	370.247

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	418.685	377.762

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	82.8500	61.4800

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : 40R

SE ALIA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1203.27 SALIDA: 1067.95

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	458.166	390.843	356.764
SALIDA:	540.615	392.746	356.764

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	175.072	177.469	182.941
SALIDA:	173.154	177.456	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	950.000	891.660	924.792

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	67.4930	2.60998	1.91152

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	543.528	414.618	374.574

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	521.704	391.795	369.015

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	507.534	408.451	368.055

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUPO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	586.355	412.631	371.744

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	1603.22	59.8340	58.3300

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ICR

CAVIDAD 3

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1067.95 SALIDA: 1061.65

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	392.746	356.764
SALIDA:	0.000000E+00	394.207	356.764

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	0.000000E+00	177.456	182.941
SALIDA:	0.000000E+00	177.399	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	891.660	930.956

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	1.99852	1.34004

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	410.829	370.902

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	408.743	368.148

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	406.091	365.345

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	412.150	370.182

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	0.000000E+00	73.9000	47.9800

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA = ECR

RC ALTA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1061.65 SALIDA: 1014.70

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	488.231	394.207	356.764
SALIDA:	535.000	394.644	356.764

PRESION VAPOR (Kg/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
ENTRADA:	38.7278	177.399	182.941
SALIDA:	38.7300	177.395	182.941

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	802.780	891.660	932.875

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	23.7890	0.579315	0.417170

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	588.918	412.562	370.398

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	593.074	394.425	366.511

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	511.616	407.897	365.415

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	542.324	411.717	369.490

AREAS DE CALIFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED
	716.572	24.0390	15.6100

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : HCR

CAVIDAD 4

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 1014.70 SALIDA: 989.347

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	394.644	356.764	361.756
SALIDA:	.000000E+00	399.316	356.764	360.611

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	177.395	182.941	180.000
SALIDA:	.000000E+00	177.217	182.941	179.730

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	891.660	954.159	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	6.12416	4.62681	2.55175

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	413.806	366.389	374.450

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	413.472	364.761	372.603

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	408.847	363.016	369.476

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	417.973	366.088	374.489

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	209.200	135.840	84.8200

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : SCR

CAVIDAD 5

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 989.347 SALIDA: 971.620

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	319.362	356.764	364.113	362.350
SALIDA:	.000000E+00	321.825	356.764	365.000	362.739

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	181.680	182.941	178.423	179.730
SALIDA:	.000000E+00	181.781	182.941	178.289	179.648

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	241.953	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	3.24296	2.07534	2.45213	1.49844

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	334.490	366.380	375.601	368.712

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	331.688	365.012	373.511	367.729

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	330.139	362.481	372.885	366.392

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	332.431	366.225	374.477	368.905

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	99.3136	66.2100	75.4100	50.8100

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO

CARGA : ECR

RC BAJA TEMPERATURA

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 971.620 SALIDA: 717.936

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	264.387	318.534	356.764	363.748	362.739
SALIDA:	488.231	319.362	356.764	364.113	362.900

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	39.3226	181.894	182.941	178.457	179.648
SALIDA:	38.7278	181.680	182.941	178.438	179.597

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	802.780	978.510	237.825	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (kW)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	125.458	1.34423	.897535	.991727	.682348

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUPO GRAUOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	550.369	334.302	367.616	375.877	370.765

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUPO (1ER. TUPO ENT. ECO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	424.216	328.334	362.994	354.712	368.571

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	545.468	329.360	363.222	373.053	367.870

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUPO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	323.701	327.801	363.198	370.633	366.910

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	3721.00	58.0240	38.6800	44.0550	29.6900

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : SCR

CAVIDAD 6

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 717.936 SALIDA: 715.786

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	318.297	356.764	363.668	362.900
SALIDA:	.000000E+00	318.534	356.764	363.748	362.970

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	181.998	182.941	178.491	179.597
SALIDA:	.000000E+00	181.894	182.941	178.457	179.574

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	236.734	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.384733	.237157	.265864	.180400

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	324.592	360.998	368.282	365.194

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. ECO. C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	323.180	360.096	367.267	364.352

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	322.594	359.284	367.121	364.028

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	324.347	360.983	368.180	365.213

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORT ECO	PORT EVA	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	26.8300	17.8960	20.4600	13.7900

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : 3CR

EVAPORADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 715.786 SALIDA: 595.579

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	356.764	318.194	363.625	362.970
SALIDA:	356.764	318.297	363.668	363.090

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	182.941	182.080	178.502	179.574
SALIDA:	182.941	181.998	178.491	179.564

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	236.450	978.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	58.4865	.168139	.130521	.108544

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	369.288	326.199	369.556	366.391

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	502.782	323.714	363.647	366.051

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	364.705	323.594	368.063	364.881

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	365.124	323.719	367.508	364.685

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	4880.00	15.3400	11.6500	7.85000

TULA UNIDAD 5 CON ENSUCIAMIENTO
CARGA : ECR

CAVIDAD 7

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 595.579 SALIDA: 593.866

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	317.952	363.556	363.090
SALIDA:	.000000E+00	318.194	363.625	363.130

PRESION VAPOR (Kgf/cm2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	.000000E+00	182.198	178.546	179.564
SALIDA:	.000000E+00	182.090	178.502	179.526

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	978.510	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	.394089	.257165	.175708

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	322.291	366.598	363.901

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TURO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	321.210	365.931	363.347

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	320.896	365.861	363.138

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	321.950	366.512	363.916

AREAS DE CALEFACCION (mts2)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	.000000E+00	37.5000	28.5450	19.3300

TULA UNIDAD 5 CON ENDOCALIENTAMIENTO

CARGA : ECR

ECONOMIZADOR

TEMPERATURA GAS (Centigrados)

ENTRADA: 593.866 SALIDA: 375.748

TEMPERATURA VAPOR (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	244.395	.000000E+00	363.534	363.120
SALIDA:	317.952	.000000E+00	363.556	363.250

PRESION VAPOR (Kgf/cm²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
ENTRADA:	184.703	.000000E+00	178.667	179.526
SALIDA:	182.198	.000000E+00	178.546	179.341

GASTO VAPOR (ton/hr)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	978.510	.000000E+00	891.660	891.660

CALOR ABSORBIDO (mw)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	102.165	.000000E+00	.190896	.875308E-01

TEMP. EXT. DE METAL ENT. DEL BANCO (1ER. TUBO GRADOS C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	326.061	.000000E+00	367.254	364.577

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL TUBO (1ER. TUBO ENT. BCO. C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	356.993	.000000E+00	364.916	362.541

TEMP. PROMEDIO DE METAL DEL BANCO (Centigrados)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	325.558	.000000E+00	366.339	363.654

TEMP. EXT. DE METAL SAL. DEL BANCO (ULTIMO TUBO C)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	249.230	.000000E+00	363.733	361.543

AREAS DE CALEFACCION (mts²)

	SERPENTIN	PORTANTE	PARED	POSTERIOR
	12200.0	.000000E+00	39.8500	26.8500

TULA UNIDAD 5 CON ENSULCIAMIENTO
CARGA : MCR

APENDICE C

**PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA
EFICIENCIA POR EL METODO DE PERDIDAS**

```

0001      PROGRAM EFICIENCIA
0002      C      ESTE PROGRAMA CALCULA LA EFICIENCIA DEL GENERADOR
0003      C      DE VAPOR POR EL METODO DE PERDIDAS
0004      C
0005      C
0006      COMMON/PROP/C,H,S,N,O,HUM,CEN,PCS,CO2,O2,CO,CO2SE,
0007      -      O2SE,COSE,TGSP,TR,PGSP,FVG,TBS, TBH, HR,
0008      -      PATH,GVA,GC,TAEP,TAEPD,TC,CPC,CAR
0009      C
0010      COMMON/PERDIDAS/CAGS,CAHHP,CAHCP,CACIP,CAHUMAP,CAACP,
0011      -      CAECOP,CAT,EGV
0012      C
0013      EXTERNAL EF,CPGAS,ROH2O,HH2O,PSAT,CPH2O
0014      C
0015      C
0016
0017      REAL*8 AT(4),N2(4),GN2(4),GA(4),EA(4),EAX(4),N2SE(4),
0018      -      GN2SE(4),GASE(4),EASE(4),EAXSE(4),EASEM(4),GAPGC(4),
0019      -      CAFG(4),CAHC(4),CAHH(4),CIPGC(4),CACI(4),CAHUMA(4),
0020      -      CAAC(4),CAFCO(4),CSACAV(4),CSCSC(4),CSHAE(4),CST(4),
0021      -      CAGS(4),CAHCP(4),CAHHP(4),CACIP(4),CAHUMAP(4),CAACP(4),
0022      -      CAECOP(4),CAT(4),CAR(4),EGV(4),CPAS(4),TAEPA(4),
0023      -      DVA(4),CPV(4),CPG(4),HR(4),PPV,PPVGI
0024      REAL*8 C(4),H(4),S(4),N(4),O(4),HUM(4),CEN(4),PCS(4),CO2(4),
0025      -      CO(4),O2(4),CO2SE(4),COSE(4),O2SE(4),TGSP(4),TGSPC(4),
0026      -      TR(4),HV(4),HETR(4),HGTR(4),HUMESP(4),GVA(4),GC(4),
0027      -      TAEP(4),TRA(4),TC(4),CPC(4),CP,TGSPCA(4),DVG(4),PV(4),
0028      -      TAEPD(4),TGEP(4),PGSP,EPGSP(6),FVGS(6),PVSAT,TPVSAT,
0029      -      PATH,PVSAT1,SUM,X(6),PM(6)
0030      REAL*8 CPGAS,ROH2O,HH2O,PSAT,CPH2O,DL,DV,DILIBH,DLTBS,
0031      -      DVTBH,DVTBS,HVTBS(4),HETBH(4),EPG(4,6),FVG(4,6),
0032      -      TBH(4),TBS(4),TBSA(4),TBHA(4),EPAIR(6),EVAIR(6)
0033      C
0034      DATA EPAIR/0. D+00,0. D+00,1. D+00,0. D+00,0. D+00,0. D+00/
0035      DATA EVAIR/0. D+00,0. D+00,1. D+00,0. D+00,0. D+00,0. D+00/
0036      DATA PM/44.01 D+00,18.016 D+00,32. D+00,6.4 .06 D+00,
0037      -      28.016 D+00,28.9 D+00/
0038      C
0039      DO I=1,4
0040      C      ANALISIS EN BASE AL FLUJO DE GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR
0041      C      DE AIRE REGENERATIVO
0042      AT(I)=11.51 D+00*(C(I)+34.30 D+00*(H(I)-O(I))/7.94 D+00)+
0043      -      4.34 D+00*(S(I)
0044      N2(I)=100. D+00-CO2(I)-CO(I)-O2(I)
0045      GN2(I)=((28.02 D+00*(N2(I)))/(12.01 D+00*(CO2(I)+CO(I))))*(
0046      -      (C(I)+(12.01 D+00/32.07 D+00)*(S(I)
0047      GA(I)=(GN2(I)-N(I))/0.7685 D+00
0048      EA(I)=((GA(I)-AT(I))/AT(I))*100. D+00
0049      -      EAX(I)=((O2(I)-CO(I))/2. D+00)/(.2682 D+00*(N2(I)-(O2(I)-
0050      -      CO(I))/2. D+00))*100. D+00
0051      C
0052      C      ANALISIS EN BASE AL FLUJO DE GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR
0053      C
0054      N2SE(I)=100. D+00-CO2SE(I)-COSE(I)-O2SE(I)
0055      GN2SE(I)=((28.02 D+00*(N2SE(I)))/(12.01 D+00*(CO2SE(I)+
0056      -      COSE(I))))*(C(I)+(.37449 D+00)*(S(I)
0057      GASE(I)=(GN2SE(I)-N(I))/0.7685 D+00

```

FICIENCIA

VAX FORTRAN V4.5-2.1.9

```

0058      BASE(I)=(GASE(I)-AT(I))/AT(I)*100. D+00
0059      EAXSE(I)=(Q2SE(I)-COSE(I)/2. D+00)/
0060      - (.2682 D+00*AN2SE(I)-(Q2SE(I)-COSE(I)/2. D+00))*100. D+00
0061      BASEM(I)=(EASE(I)+EAXSE(I))/2. D+00
0062 C
0063      GAPGC(I)=(44.01 D+00*CO2(I)+32.0 D+00*O2(I)+28.01 D+00*CO(I)
0064      -      +28.02 D+00*N2(I))/
0065      -      (12.01 D+00*(CO2(I)+CO(I))*A(C(I)+12.01 D+00/
0066      -      32.07 D+00)*S(I))
0067 C TGSPC=TEMPERATURA CORREGIDA DEL GAS A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR
0068 C TAEPD=TEMPERATURA DE DISEÑO PARA EL AIRE A LA ENTRADA AL PRECA
0069 C TGEP= TEMPERATURA DEL GAS A LA ENTRADA AL PRECA. MEDIDA
0070 C TGSP= TEMPERATURA DEL GAS A LA SALIDA DEL PRECA. MEDIDA
0071 C TAEP=TEMPERATURA DEL AIRE A LA ENTRADA DEL PRECA. MEDIDA
0072      TGSPC(I)=(TAEPD(I)*TGEP(I)-TGSP(I))*TGE P(I)*
0073      -      (TGSP(I)-TAEP(I))/(TGEP(I)-TAEP(I))
0074 C
0075 C CALOR ESPECIFICO A PRESION CTE. DE LOS GASES A LA SALIDA DEL PRECA
0076      SUM=0.0 D+00
0077      DO J=1,6
0078      FVGSP(J)=FVG(I,J)
0079      X(J)=FVGSP(J)/PM(J)
0080      SUM=SUM+X(J)
0081      ENDDO
0082      DO J=1,6
0083      FPGSP(J)=X(J)/SUM
0084      ENDDO
0085      CPG(I)=CPGAS(1. D+00, (TGSPC(I)+TR(I))/2. D+00)+273.15 D+00,
0086      -      FPGSP,FVGSP,0)
0087 C
0088 C CALOR ABSORBIDO POR EL FLUJO DE GASES A LA SALIDA DE LOS PRECAS
0089      CAFG(I)=GAPGC(I)*CPG(I)*(TGSPC(I)-TR(I))
0090 C
0091      TRA(I)=(TR(I)+273.15 D+00)/647.27 D+00
0092      TGSPCA(I)=(TGSPC(I)+273.15 D+00)/647.27 D+00
0093      PPVG=FVGSP(2)*PGSP
0094      DVG(I)=RH20(9.80665 D-02*PPVG/22.115 D+00,TGSPCA(I),-1)
0095      HV(I)=HH20(DVG,TGSPCA(I))*69.59589 D+00
0096      PV(I)=PSAT(TRA(I),DL,DV)
0097      HETR(I)=6.959589 D+01*HH20(DL,TRA(I))
0098 C
0099 C CALOR ABSORBIDO POR LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE
0100      CAHC(I)=HUM(I)*(HV(I)-HETR(I))
0101 C
0102 C CALOR ABSORBIDO POR LA HUMEDAD FORMADA EN LA COMBUSTION DEL HIDROGENO
0103      CAHH(I)=8.936 D+00*H(I)*(HV(I)-HETR(I))
0104 C
0105      CIPGC(I)=0.0001 D+00*GAPGC(I)
0106      PCGC=0.7 D+00*33686.83 D+00
0107 C CALOR ABSORBIDO POR COMBUSTION INCOMPLETA
0108      CACI(I)=CIPGC(I)*PCGC
0109 C
0110      HGTR(I)=6.959589 D+01*HH20(DV,TRA(I))
0111      TBHA(I)=(TBH(I)+273.15 D+00)/647.27 D+00
0112      TBSA(I)=(TBS(I)+273.15 D+00)/647.27 D+00
0113      PVSAT2=PSAT(TBHA(I),DLTBH,DVTBH)
0114      HEGSAT=6.959589 D+01*(HH20(DVTBH,TBHA(I))-HH20(DLTBH,TBHA(I)))

```

```

0115      PVSAT1=PSAT(TBSA(I),DLTBS,DVTBS)
0116      HVTBS(I)=6.959589 D+01AHH20(DVTBS,TBSA(I))
0117      HFTBH(I)=6.959589 D+01AHH20(DLTBH, TBHA(I))
0118      WSAT=0.622 D+00*(PVSAT2*225.51 D+00)/
0119      -      (PATM-(PVSAT2*225.51 D+00))
0120      CPA1=CPGAS(1. D+00,((TBS(I)+TBH(I))/2. D+00)+273.15 D+00,
0121      -      FPAIR,FVAIR,1)
0122      HUMESP(I)=(CPA1*(TBH(I)-TBS(I))+WSAT*HEFSAT)/(HVTBS(I)-
0123      -      HFTBH(I))
0124      C
0125      C CALOR ABSORBIDO POR LA HUMEDAD DEL AIRE
0126      CAHUMA(I)=HUMESP(I)*GA(I)*(HV(I)-HGTR(I))
0127      C
0128      C CALOR ABSORBIDO POR EL VAPOR DE ATOMIZACION DEL COMBUSTIBLE
0129      CAAC(I)=(GVA(I)/GC(I))*(HV(I)-HGTR(I))
0130      C
0131      C CALOR ABSORBIDO POR LA FORMACION DE MONOXIDO DE CARBONO
0132      CAFCO(I)=(CO(I)/(CO2(I)+CO(I)))*23604.02 D+00*AC(I)
0133      C
0134      CPAS(I)=CPGAS(1. D+00,((TAEP(I)+TBS(I))/2. D+00)+273.15 D+00,
0135      -      FPAIR,FVAIR,1)
0136      C
0137      C CALOR SUMINISTRADO AL AIRE POR LOS CALENTADORES AIRE-VAPOR
0138      CSACAV(I)=GA(I)*CPAS(I)*(TAEP(I)-TBS(I))
0139      C
0140      C CALOR SENSIBLE SUMINISTRADO AL COMBUSTIBLE
0141      CSCSC(I)=CPC(I)*(TC(I)-TBS(I))
0142      C
0143      PPV=HR(I)*PVSAT1
0144      TAEPA(I)=(((TAEP(I)+TR(I))/2. D+00)+273.15 D+00)/647.27 D +00
0145      DVA(I)=ROH20(PPV,TAEPA(I),-1)
0146      CPV(I)=CPH20(DVA(I),TAEPA(I))*0.1075222 D+00
0147      C
0148      C CALOR SUMINISTRADO POR LA HUMEDAD DEL AIRE
0149      CSHAE(I)=HUMESP(I)*GA(I)*CPV(I)*(TAEP(I)-TR(I))
0150      C
0151      C CALOR TOTAL SUMINISTRADO
0152      CST(I)=PCS(I)+CSACAV(I)+CSCSC(I)+CSHAE(I)
0153      C
0154      PERDIDAS DE CALOR
0155      C
0156      C DEBIDAS A LOS GASES SECOS
0157      CAGS(I)=CAFG(I)/CST(I)*100. D+00
0158      C
0159      C DEBIDAS A LA HUMEDAD EN EL COMBUSTIBLE
0160      CAHCP(I)=CAHC(I)/CST(I)*100. D+00
0161      C
0162      C DEBIDAS A LA HUMEDAD FORMADA EN LA COMBUSTION
0163      DEL HIDROGENO
0164      CAHHP(I)=CAHH(I)/CST(I)*100. D+00
0165      C
0166      C DEBIDAS AL CARBONO INQUEMADO
0167      CACIP(I)=CACI(I)/CST(I)*100. D+00
0168      C
0169      C DEBIDAS A LA HUMEDAD EN EL AIRE
0170      CAHUMAP(I)=CAHUMA(I)/CST(I)*100. D+00
0171      C

```

```

0172 C DEBIDAS AL VAPOR DE ATOMIZACION EN LOS QUEMADORES
0173 CAACP(I)=CAAC(I)/CST(I)*100. D+00
0174 C
0175 C DEBIDAS A LA FORMACION DE CO
0176 CAFCOP(I)=CAFCO(I)/CST(I)*100. D+00
0177 C
0178 C PERDIDA TOTAL DE CALOR
0179 C
0180 CAT(I)=CAGS(I)+CAHCP(I)+CAHHP(I)+
0181 - CACIP(I)+CAHUMAP(I)+CAACP(I)+CAFCOP(I)+CAR(I)
0182 C
0183 C
0184 C EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR
0185 C
0186 EGV(I)=100. D+00-CAT(I)-0.18 D+00
0187 C
0188 C
0189 C WRITE (8,20) CARGA(I),CAGS(I),CAHCP(I),CAHHP(I),CACIP(I),
0190 - CAHUMAP(I),CAACP(I),CAFCOP(I),CAT(I),EGV(I)
0191 C20 FORMAT(1X,A6,9(F7.2,1X),/,X,79(' '))
0192 C
0193 C
0194 C ENDDO
0195 C OPEN(UNIT=20,NAME='EFIC.DAT',TYPE='NEW')
0196 C CALL RESULT(CAGS,CAHHP,CAHCP,CACIP,
0197 - CAHUMAP,CAACP,CAFCOP,CAT,EGV)
0198 C CLOSE(UNIT=20)
0199 C STOP
0200 C END

```



```

C
C
C
SUBROUTINE RESULT(CAGS,CAHHP,CAHCP,CACIP,
-           CAHUMAP,CAACP,CAFCOP,CAT,EGV)
C
CHARACTER TITUL*40,AMI*4,REI*4,ESC*1,A*4,B*4
REAL*8 CAGS(4),CAHHP(4),CAHCP(4),CACIP(4),
-       CAHUMAP(4),CAACP(4),CAFCOP(4),CAT(4),
-       EGV(4)
C
INTEGER CARGA(4)

DATA (CARGA(I), I=1,4)/1,2,3,4/
DATA AMI,REI/'C7w','C0w'/
DATA TITUL/'CTE. MANZANILLO UNIDADES 1,2,3 Y 4'/
ESC=CHAR(27)
A='C4w'
B='C1w'

C
WRITE(8,1)ESC,A
1  FORMAT(1X,A1,A4)
WRITE(20,5)ESC,AMI,TITUL,ESC,REI
5  FORMAT(5X,A1,A4,A40,A1,A4,/)
C
WRITE (20,10)
10  FORMAT(3(/),10X,'EFICIENCIA DEL GENERADOR DE VAPOR POR EL
- METODO DE PERDIDAS',///,10X,'FECHA : 6 DE JUNIO DE 1987',
- 3(/),X,79('-'),/,X,'CARGA',T10,'CALOR ABSORBIDO',X,'CALOR
- ABSORBIDO',X,'CALOR ABSORBIDO',X,'CALOR ABSORBIDO',/,T10,
- 'POR LOS GASES',T26,'POR LA HUMEDAD',T42,'POR LA HUMEDAD',
- T58,'POR COMBUSTION',/,T15,'SECOS',T26,'DEL HIDROGENO',T42,
- 'DEL COMBUSTIBLE',T60,'INCOMPLETA',/,X,79('-'))

C
DO I=1,4
WRITE(20,20)CARGA(I),CAGS(I),CAHHP(I),CAHCP(I),CACIP(I)
20  FORMAT(1X,A6,4(G15.6),/,X,79('-'))
ENDDO
WRITE(20,15)
15  FORMAT(3(/),X,79('-'),/,X,'CARGA',T10,'CALOR ABSORBIDO',X,
- 'CALOR ABSORBIDO',X,'CALOR ABSORBIDO',X,'CALOR',T68,
- 'EFICIENCIA',/,T10,'POR LA HUMEDAD',T26,'POR EL VAPOR DE',
- T42,'POR EL MONOXIDO',T58,'TOTAL',T71,'DEL',/,T13,'DEL AIRE',
- T28,'ATOMIZACION',T44,'DE CARBONO',T58,'ABSORBIDO',T68,
- 'GENERADOR',/,T69,'DE VAPOR',/,X,79('-'))

C
DO I=1,4
WRITE(20,25)CARGA(I),CAHUMAP(I),CAACP(I),CAFCOP(I),CAT(I),
-           EGV(I)
25  FORMAT(1X,A6,5(G15.6),/,X,79('-'))
ENDDO
WRITE(20,30) B
30  FORMAT(1X,A4)
END

```