



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas

"ESTUDIO DEL TRATAMIENTO QUIMICO
SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES
TRATADAS PARA USO EN UNA PLANTA
TERMoeLECTRICA"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

ELVIA LEONOR DIONISIO CASTILLO



MEXICO, D.F.

1987



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL 7.-132
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DIVISION DE SISTEMAS DE TITULACION

Mexico D.F. a 17 de Julio de 1983

Alumno C. Pasante s/	Carrera	Generacion
ELIANA LEONOR DIONISIO CASTILLO	I.Q.T.	1979-1983
Pr. S. 0. 0. 3.		

Mediante la presente se hace de su conocimiento que esta Division acepta que el
C. Ing. RUSSELL ECHAVARRIA PADRON, sea orientador
en el Tema de Tesis que propone(n) usted es) desarrollar como prueba escrita en la opcion
TESIS Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL, bajo el
titulo y contenido siguientes

"ESTUDIO DEL TRATAMIENTO QUIMICO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS
PARA USO EN UNA PLANTA TERMOCLECTRICA."

RESUMEN.

- I.- INTRODUCCION.
 - II.- GENERALIDADES.
 - III.- TRATAMIENTOS QUIMICOS Y SECUNDARIOS Y SU SELECCION.
 - IV.- PROYECTO DEL SISTEMA DE DOSIFICACION DEL AGUA.
 - V.- CONTROL QUIMICO DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.
 - VI.- CONCLUSIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Se concede plazo maximo de un ano para presentarlo a revision por el Jurado

DR. RAFAEL TORRES ROBLES.

VOCA. DE CARRERA

M.C. RUBEN LEMUS BARRON.

EL JEFE DE LA DIVISION DE SISTEMAS
DE TITULACION

ING. RUSSELL ECHAVARRIA PADRON.

EL PROFESOR ORIENTADOR

M.C. IGNACIO VARGAS BRAVO.

EL SUBDIRECTOR TECNICO

mgf

A LA COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
CON MI SINCERO AGRADECIMIENTO POR LAS
FACILIDADES QUE ME BRINDARON PARA LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

Y EN ESPECIAL A LOS SEÑORES:

ING. RICARDO MORALES DIAZ,

ING. JAIME GONZALEZ GUTIERREZ.

EN RECONOCIMIENTO Y CON EL MAS SINCERO CARIÑO
DEDICO ESTE TRABAJO A MIS PADRES:

PORFIRIO DIONISIO M. Y MAGDALENA CASTILLO.

QUE SIEMPRE SUPIERON GUIARME Y ACONSEJARME
PARA LOGRAR MI EDUCACION.

A MIS HERMANOS:

CUTBERTO

MARISCOTTI

FILEMON

ARTURO

CON EFECTO.

A MI ESCUELA, CON RESPETO Y ADMIRACION

A MIS MAESTROS EN AGRADECIMIENTO POR SUS ENSEÑANZAS

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

MI AGRADECIMIENTO A:

MI DIRECTOR DE TESIS

ING. RUSSELL ECHAVARRIA PADRON.

ELVIA L. DIONISIO CASTILLO

A MIS SINODALES:

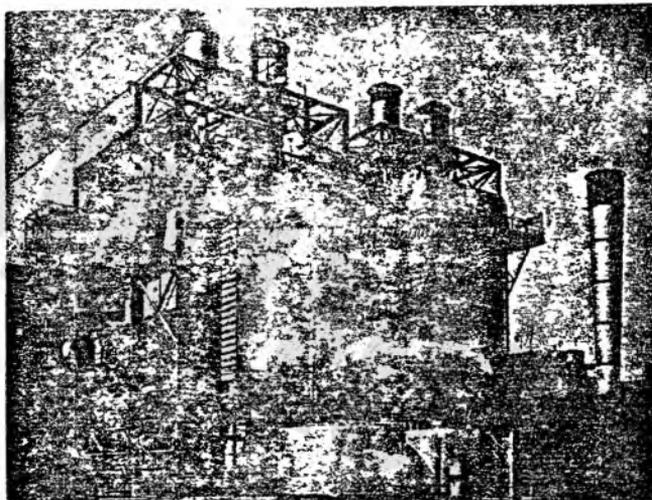
ING. HOMERO FUENTES CADENA

M. C. ANTONIO CORONADO MALDONADO.

I N D I C E

	Páginas
RESUMEN	
CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
GENERALIDADES	5
2.1.- Breve descripción de la Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola"	5
2.2.- El sistema del agua de enfriamiento de la planta y sus características	9
2.3.- Breve descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales pertenecientes a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - Comisión de Aguas del Valle de México	17
CAPITULO III	
TRATAMIENTOS QUIMICOS SECUNDARIOS Y SU SELECCION	26
3.1.- a) CORROSION	28
Reacciones Anódicas	28
Reacciones Catódicas	29
Reacción Total de la Corrosión	30
Picado de Corrosión	32
3.2.- b) INCRUSTACION	37
Inhibidores de corrosión	40
3.3.- c) FORMACION DE ALGAS	44
Tratamiento externo	46
Tratamiento interno	48
Coloides	48
Dispersantes	49
Desincrustantes	50
Aplicación de Microbicidas	51
Adición de Acido Sulfúrico	52
3.4.- d) LODOS	53
3.5.- e) ESPUMA	54
Sistema de Control de la Espuma	55

	Páginas
CAPITULO IV	
PROYECTO DEL SISTEMA DE DOSIFICACION DEL AGUA	57
4.1 Cálculo del gasto volumétrico del agua residual del sistema de enfriamiento	58
Evaporación	58
Pérdidas por viento	60
Purga continua	60
CAPITULO V	
CONTROL QUIMICO DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	65
5.1 Parámetros para controlar en el agua residual tratada del sistema de enfriamiento	66
5.2 Métodos de análisis químicos	67
Método No. 1 Medición del PH del agua	68
Método No. 2 Determinación fotocolorimétrica de Sílice en altas concentraciones de agua residual tratada y repuesto del sistema de enfriamiento	69
Método No. 3 Determinación de cloro residual (Método del comparador "Taylor")	72
Método No. 4 Determinación de la alcalinidad "F" y "M" (Método Volumétrico)	74
Método No. 5 Determinación fotocolorimétrica de Hexametafosfato de sodio (calgon) en agua de sistema de enfriamiento	78
5.3 Curvas de calibración de los métodos de análisis	80
Método No. 2 Curva de calibración	82
Método No. 5 Curva de calibración	85
5.4 Resultado de los métodos	87
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFIA	96



TERMOELECTRICA "ING. JORGE LUQUE LOYOLA"

R E S U M E N

En ciertas regiones del país debido a la situación geográfica en que se encuentra y a su densidad de población actualmente padecen de serios problemas y escasez de agua; una de las alternativas para atenuar dichos problemas es mediante el uso secuencial del agua, sin embargo esta actividad implica entre otros aspectos depurar aguas residuales tratadas.

Muchas plantas termoeléctricas se encuentran localizadas en las orillas de los ríos, lagos o cerca del mar y emplean el agua para el sistema de enfriamiento.

En la Planta Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola" se realizó un estudio junto con la S.A.R.H. para la instalación de una planta de agua residual tratada para el sistema de enfriamiento de sus cuatro unidades.

Porque el agua de pozos se ha ido abatiendo sus niveles freáticos. Es como se realiza un cálculo del agua residual tratada para el sistema de enfriamiento de dicha planta.

A donde se le dará un tratamiento químico dependiendo de la calidad del agua.

Para evitar serios problemas con el equipo siempre y cuando se tenga una vigilancia estricta con los análisis químicos que de ellos depende la calidad del agua.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S. A. (en liquidación) es una empresa descentralizada y suministra parte de la energía eléctrica a la zona central del país, donde se localizan grandes e importantes núcleos urbanos e industriales.

La Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola", genera energía eléctrica y tiene una capacidad de 230,800 KW.

Para que esta planta opere a plena carga, sus necesidades de agua ascienden a 30,000 metros cúbicos por día, de los cuales 85% se emplean para alimentar los sistemas de enfriamiento. Con esta cantidad se pueden cubrir las necesidades de agua de igual número de familias de seis miembros cada una.

Dicha agua la proporcionaron en calidad y cantidad los pozos de la termoeléctrica durante varios años. Las mediciones efectuadas periódicamente indicaban un abatimiento progresivo de los niveles freáticos de la zona de Lechería.

En el año de 1976, la Comisión de Aguas del Valle de México efectuó estudios preliminares para determinar la conveniencia de instalar una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de zona urbana e industrial del poniente de la ciudad de México.

Se les indicó que la Termoeléctrica podría utilizar las aguas residuales tratadas exclusivamente en sus sistemas de enfriamiento, lo que permitiría la disminución del agua extraída del subsuelo.

En base a los resultados de dicha encuesta, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión de Aguas del Valle de México inició la construcción en el año de 1979, una planta de tratamiento de aguas residuales de Leche_ría, Estado de México. Y fueron éstos concluídos en Diciembre de 1984.

De acuerdo con los estudios del gasto disponible del interceptor del emisor poniente, la capacidad de proyecto de la planta se fijó en 400 litros por segundo, con el objeto de dar flexibilidad a la planta para su operación se pensó en la instalación de dos unidades de 200 litros por segundo cada una.

Esto significa que de sus cuatro unidades que tiene la Termoeléctrica como se encuentran seccionadas cada una de ellas -- pueden utilizar para su sistema de enfriamiento agua de pozos, - agua residual tratada ó bien la combinación de ambas dependiendo de la cantidad y calidad del agua en dicho caso.

En 1985 se iniciaron las pruebas operativas para evaluar - la calidad del agua que se pueda obtener en la planta de la S.- A.R.H. cuyos resultados se incluyen en las tablas No. 1 y No. - 2.

TABLA (1) CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE LECHERIA.

MUESTRA COMPUESTA

FECHA	pH Unidad	D.B.O. mg/l.	D.O.O. mg/l.	FOSFATOS TOTALES mg/l.	NITROGENO			SOLIDOS EN TODAS SUS FORMAS											S.A.M. mg/l.	ALCALINIDAD COMO CaCO ₃ mg/l.	DUREZA TOTAL COMO CaCO ₃ mg/l.	DUREZA DE CALCIO COMO CaCO ₃ mg/l.	OBSERVACIONES
					NH ₃ mg/l.	N org. mg/l.	G. Y A. mg/l.	SST mg/l.	SSF mg/l.	SSV mg/l.	ST mg/l.	STF mg/l.	STV mg/l.	SDT mg/l.	SDF mg/l.	SDV mg/l.	Sol.Sed. mg/l.						
7-11-85	7.0	540	889	9	23	15	54	465	175	290	1055	675	380	740	640	100	3.0	2	378	174	95	Período de Muestreo	
13-11-85	7.6	180	667	8	27	15	50	260	120	140	1075	680	385	790	445	345	2.0	5	373	174	71	Lu-Vie: 7-21 Hrs.	
16-11-85	7.9	420	1894	8	35	10	12	300	175	124	1390	905	485	1095	675	420	0.7	8	415	209	79	Sab-Dom: 7-14 Hrs.	
21-11-85	7.3	280	400	4	22	10	23	295	20	275	995	535	460	680	435	245	2.3	2	372	180	94		
25-11-85	7.5	360	568	8	27	11	46	235	40	195	1020	685	335	760	545	215	1.5	2	368	176	100		
1-11-85	7.0	134	592	7	25	9	53	314	94	220	1060	645	415	740	605	135	5.0	2	399	190	106		
5-11-85	7.0	160	512	5	25	14	105	295	80	215	965	680	285	725	545	180	3.0	3	369	187	64		
10-11-85	7.2	228	512	8	29	13	49	294	35	64	1240	865	705	895	705	190	3.5	2	396	215	120		
15-11-85	7.5	288	400	6	34	9	81	120	80	40	910	730	190	755	650	105	5.5	5	450	240	194		
20-11-85	7.4	344	440	10	36	11	95	310	120	100	1025	750	275	795	620	175	6.5	4	490	221	201		
26-11-85	7.7	280	336	8	34	13	83	220	190	30	1015	740	275	710	595	115	5.5	5	451	214	200		
1-IV-85	7.7	320	480	10	29	12	64	310	85	225	950	665	285	685	570	115	3.0	5	422	184	184		
8-IV-85	7.7	240	528		22	10	132	325	155	170	905	550	355	570	465	105	5.0	3	356	165	83		
14-IV-85	7.5	140	256		17	8	28	92	12	80	790	605	185	670	575	95	0.5	2	317	173	108		
MINIMA	7.0	134	256	4	17	8	12	92	12	30	790	550	185	570	435	95	0.5	2	317	165	64		
PROMEDIO	7.5	279.6	605.3	7.6	25.6	10.7	62.5	273.9	87.9	161.3	1028.2	693.6	33.4	757.8	576.4	181.4	3.4	3.6	396.9	187.9	121.4		
MAXIMO	7.9	540	189.4	10	36	15	132	465	190	275	1240	905	485	1095	705	345	6.5	8	490	240	201		

TABLA (2) CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE LECHERIA

MUESTRA COMPUESTA

FECHA	pH Unidad	D.B.O. mg/l.	D.Q.O. mg/l.	FOSFATOS TOTALES mg/l.	NITROGENO		G. y A. mg/l.	SOLIDOS EN TODAS SUS FORMAS										ALCALINIDAD COMO CaCO ₃ mg/l.	DUREZA TOTAL COMO CaCO ₃ mg/l.	DUREZA DE CALCIO COMO CaCO ₃ mg/l.	OBSERVACIONES		
					NH ₃ mg/l.	N org. mg/l.		SST mg/l.	SSF mg/l.	SSV mg/l.	S T mg/l.	STF mg/l.	STV mg/l.	SDT mg/l.	SDF mg/l.	SDV mg/l.	Sol. Med. mg/l.					S.A.M. mg/l.	
4-VI-85	7.8	120	314	5.1	23.1	13.4	20.2	468	282	186	1115	900	215	670	405	265	4.0	2.4	382	251	189	Periodo de Muestreo	
14-VI-85	7.8	40	117	3.2	19.5	12.8	4.1	356	110	246	1135	800	335	815	625	190	5.0	1.7	367	298	203		
3-VII-85	7.2	36	100	6.1	9.5	3.9	1.8	340	316	24	955	725	230	540	365	175	1.0	2.5	329	202	86		
13-VII-85	7.6	68	120	4.3	6.2	4.6	49.4	224	132	92	775	585	190	550	345	205	1.4	2.8	202	85	40		
30-VII-85	7.4	16	60	1.3	14.5	7.1	-	120	80	460	845	695	150	590	380	210	1.3	1.3	149	98	45		
14-VIII-85	6.9	24	60	4.0	14.3	7.4	4.1	432	324	108	1060	465	595	235	40	195	1.2	2.9	110	85	55		
29-VIII-85	6.8	96	160	4.6	10.4	4.5	10.5	600	400	200	945	610	335	225	70	155	0.8	1.3	118	105	40		
MINIMO	6.6	80	40	1.3	7.0	1.9	1.8	120	80	8	755	385	150	210	40	32	0.5	1.2	122	72	22		
PROMEDIO	7.5	59.8	150.3	4.5	12.7	10.1	10.1	392.5	288.7	1175	1015.8	700.5	308.3	538.3	362.7	172.5	2.2	2.2	218.6	1375	73.8		
MAXIMO	8.0	200	693	6.7	29.7	13.9	49.4	884	772	344	1300	1120	720	749	749	320	5.0	8.0	382	298	189		

C A P I T U L O II

G E N E R A L I D A D E S2.1.- BREVE DESCRIPCION DE LA TERMOELECTRICA
"ING. JORGE LUQUE LOYOLA".

La planta termoeléctrica "Ing. Jorge Luque Loyola" se encuentra localizada en Lechería, Edo. de México, en el Kilómetro 22.5 de la autopista México-Querétaro, a una altitud sobre el nivel del mar de 2,250 metros y en un terreno de 80,000 metros-cuadrados de superficie.

La construcción de esta planta se inició con dos unidades de 33,000 KW de capacidad cada una y fueron puestas en servicio en el mes de octubre de 1952 y la otra, en marzo de 1953, respectivamente.

Con posterioridad, se instalaron: La Unidad No. 3 de 82,400 KW de capacidad, que fué puesta en servicio en 1958 y la No. 4 de la misma capacidad puesta en servicio en 1960.

Con las cuatro unidades mencionadas, la capacidad total de la planta asciende a 230,800 KW.

El suministro de agua provenía de ocho pozos de agua cuyas profundidades están entre los 170 a 300 metros de profundidad.- La capacidad original aproximada de cada pozo es de 4,000 litros por minuto. El consumo total del sistema de enfriamiento de la planta trabajando las cuatro unidades a plena carga es de 23,000 litros de agua por minuto, o sea 1,380 metros cúbicos -- por hora.

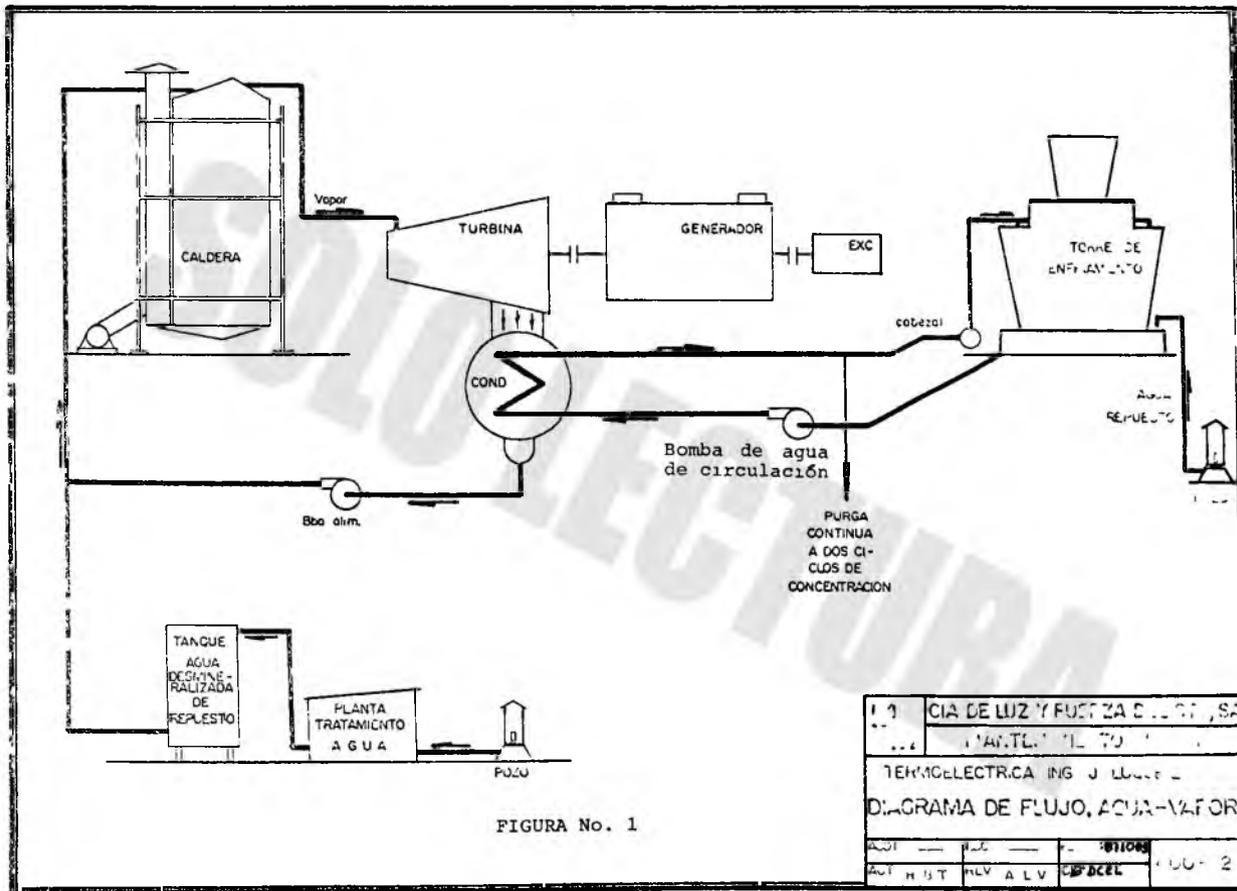


FIGURA No. 1

1.1	CIA DE LUZ Y FUERZA ELECTRIKA, SA
...	ANT. EL TORRE
TERMOCENTRAL ING. J. L. ...	
DIAGRAMA DE FLUJO, AGUA-VAPOR	
ACT. HST	FLV. ALV. CEL. CEL.
	PLUG 2

Y el consumo del agua para el ciclo de vapor es de 29,104-litros de agua por minuto, o sea 1,746 metros cúbicos por hora. El circuito básico del empleo del agua es mostrado en la Fig. - No. 1.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Para la generación de vapor se cuenta con cuatro calderas-cuotubulares del tipo semi-interperier, una para cada unidad turbo-generadora.

Las calderas 1 y 2 construídas por Babcock & Wilcox, con capacidad de 150 toneladas de vapor por hora.

Las calderas 3 y 4 marca Combustion Engineering con capacidad de 350 toneladas de vapor por hora. Las cuatro calderas generan vapor a 63 kilogramos por centímetro cuadrado de presión y 485 grados centígrados de temperatura.

El combustible en nuestro caso es petróleo y gas o la combinación de ambos los cuales se queman mediante dispositivos especiales en los hornos de las calderas con el fin de producir en ellas, vapor de agua con determinadas características de presión y temperatura. Este vapor es llevado por tuberías adecuadas, hasta los turbogeneradores, que son las máquinas que transforman la energía térmica del vapor, en energía eléctrica, la que a su vez se distribuye en los centros de consumo, transformándose en alumbrado, fuerza motriz, etc.

La sala de máquinas consta de cuatro unidades turbo-generadoras. Las turbinas de estas unidades operan con vapor sobrecalentado a una temperatura de 482 grados centígrados y a una presión de 60 Kilogramos por centímetro cuadrado.

Las unidades 1 y 2, marca General Electric, son de 33,000-KW. De capacidad máxima continua de un solo cilindro para operar a 3,600 revoluciones por minuto.

Las unidades turbo-generadoras 3 y 4 manufacturadas por la A.E.G. con capacidad máxima continua de un solo cilindro para operar a 3,600 revoluciones por minuto.

Inmediatamente abajo de cada turbina se tiene instalado un condensador horizontal del tipo de superficie, por cuyo interior de los tubos circula el agua de enfriamiento.

Los condensadores de las turbinas 1 y 2, de dos pasos, tienen cada uno 2,555 metros cuadrados de superficie de condensación, 5,460 tubos de latón de 22 milímetros de diámetro exterior del No. 18 BWG por donde pasan 6,480 metros cúbicos de agua por hora a una velocidad de 2.13 metros por segundo.

Los condensadores de las turbinas 3 y 4, tienen una superficie de condensación de 6,600 metros cuadrados cada uno, con 12,700 tubos de una aleación de cobre, cinc y estaño, de 22 milímetros de diámetro exterior del No. 19 BWG, por donde pasan 16,300 metros cúbicos por hora.

2.2.- EL SISTEMA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA Y SUS CARACTERÍSTICAS

INTRODUCCION.

El sistema de enfriamiento de la Termoeléctrica tiene por objeto eliminar el calor que trae el vapor de escape de las turbinas para lograr su condensación y utilizar el agua destilada para alimentar nuevamente a las calderas.

En la Figura No. 5 y, las tablas 3 y 4 se proporciona una relación del equipo utilizando en los sistemas de enfriamiento de las unidades de la Termoeléctrica así como sus características.

El agua almacenada en la pileta de la torre de enfriamiento debe llegar a la succión de la bomba centrífuga, lo cual se lleva a cabo a través de las tuberías y el cabezal del agua fría. Como se puede observar todo este equipo quedó instalado abajo del nivel de la pileta, con el fin de llenarlo por gravedad.

Al arrancar la bomba, el flujo de agua nuevamente llegará a la pileta pero antes pasará por el condensador, de aquí a la torre de enfriamiento a través de la tubería y el cabezal de agua caliente.

El objetivo de darle este movimiento por este circuito, es porque al pasar por los tubos colocados en el interior del condensador, va a haber una transferencia de calor, elevando la temperatura del agua de enfriamiento en 8 y 9 grados centígrados.

GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO SE CLASIFICAN EN TRES SISTEMAS.

- 1.- SISTEMA DE UN PASO.- El agua pasa por el equipo intercambiador de calor una sola vez sin volverse a recircular. Este sistema sólo es económico cuando hay un río o un lago cerca y su bombeo no es costoso (fig. No. 2). El agua de mar también es aprovechada en este sistema. El único problema que presenta este sistema es el tratamiento del agua, que puede incrustar o corroer el sistema, lo cual se puede evitar como se indicará al estudiar el tratamiento del agua.
- 2.- SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO.- El agua pasa por el equipo intercambiador de calor en donde al enfriar recibe calor, y después pasa a otro equipo intercambiador de calor en donde éste será enfriado. Este -- equipo enfriador podría ser un radiador donde se enfriará -- el agua por medio de aire a través de una pared metálica, -- sin entrar en contacto con el agua. Después de que el agua es enfriada vuelve a recircularse el equipo enfriador donde recibirá calor, repitiéndose el ciclo sucesivamente. (fig.- No. 3).
- 3.- SISTEMA DE CIRCULACION ABIERTO.- El agua pasa a través del -- equipo intercambiador recibiendo calor y después es enfriado por contacto directo con el aire, ya sea en una torre de enfriamiento o un dispositivo de dispersión. Después de enfriarse el agua vuelve a -- ser recirculada repitiéndose el ciclo sucesivamente. (fig.- No. 4).

SISTEMA DE UN PASO

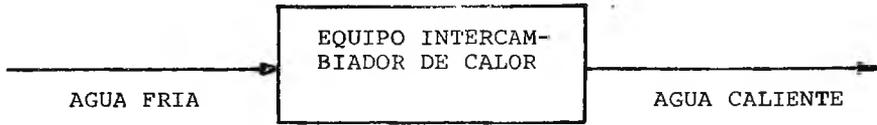


Fig. No. 2

SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO

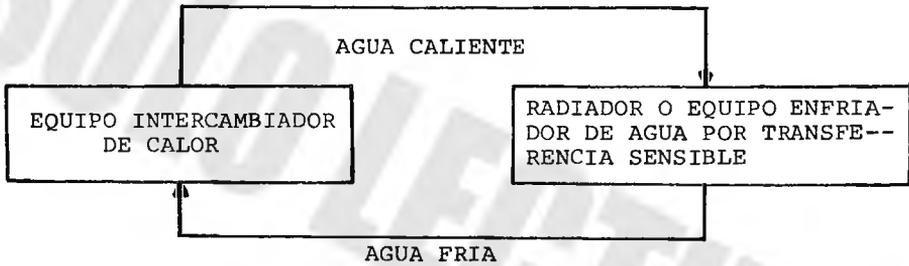


Fig. No. 3

SISTEMA DE CIRCUITO ABIERTO

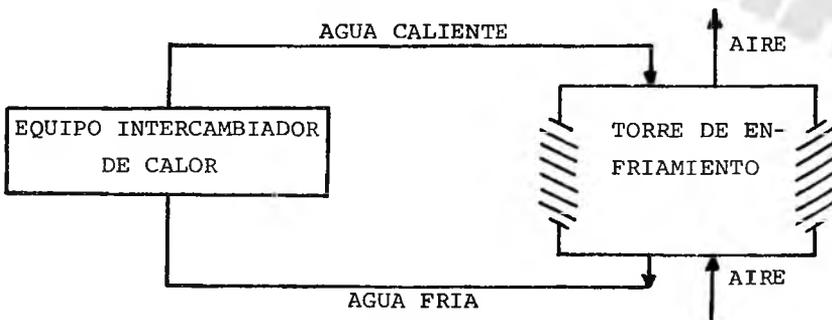


Fig. No. 4

TABLA No. 3

UNIDADES 1 y 2

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
CONDENSADORES	Superficie de Condensación	2,255 m ²
	No. de Tubos	5,460
	Diámetro de los Tubos	19.7 mm
	Calibre de los Tubos	18 BWG
	Material de los Tubos	Admiralty
	Gasto del Agua de Enfriamiento	6,480 m ³ /h
	No. de Pasos	2
	Velocidad	2.13 m/s
	Longitud de los Tubos	6.76 m
	Tipo de Condensador	Superficie
BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION	Capacidad	6,480 m ³ /h
	No. de Pasos	1
	Tipo de Bomba	Centrífuga Horizontal
	Motor	500 HP
TORRES DE ENFRIAMIENTO	Capacidad	6,813 m ³ /h
	Tipo de Flujo	Cruzado
	Gradiente de Temperatura	8 °C
	Capacidad de la Pileta	800 m ³
	Material del Relleno	Madera de Cedro Rojo de California
	No. de Ventiladores	3
ENFRIADORES INTERMEDIOS DE HIDROGENO	Superficie de enfriamiento	180 m ²
	No. de Tubos	670
	Diámetro de los Tubos	22 mm
	Calibre de los Tubos	18 BWG
	Material de los Tubos	Admiralty
	Tipo de Enfriador	Superficie
	Gasto de Agua de Enfriamiento	102 m ³ /h

CONTINUA

CONTINUACION

EQUIPO	C A R A C T E R I S T I C A S		
ENFRIADORES	Superficie de Enfriamiento	28.6	m ²
DE	No. de Tubos	552	
	Diámetro de los Tubos	15	mm
ACEITE	Calibre de los Tubos	18	BWG
	Material de los Tubos	Admiralty	
	Tipo de Enfriador	Superficie	
	Gastos del Agua de Enfriamiento	72	m ³ /h

SOLO LECTURA

TABLA No. 4

UNIDADES 3 y 4

EQUIPO	C A R A C T E R I S T I C A S		
CONDENSADORES	Superficie de Condensación	6,600	m ²
	Número de los Tubos	12,700	
	Diámetro de los Tubos	22	mm
	Calibre de los Tubos	19	BWG
	Material de los Tubos	Admiralty	
	Gasto del Agua de Enfriamiento	15,300	m ³ /h
	No. de Pasos	2	
	Velocidad	2.13	m/s
	Longitud de los Tubos	7.5	m
	Tipo de Condensador	Superficie	
BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION	Capacidad	16,000	m ³ /h
	No. de Pasos	1	
	Tipo de Bomba	Centrífuga Horizontal	
	Motor	1,580	HP
TORRES DE ENFRIAMIENTO	Capacidad	16,000	m ³ /h
	Tipo de Flujo	Cruzado	
	Gradiente de Temperatura	9	°C
	Capacidad de la Pileta	2,100	m ³
	Material del Relleno	Madera de Cedro Rojo de California	
	No. de Ventiladores	5	
ENFRIADORES INTERMEDIOS DE HIDROGENO	Superficie de Enfriamiento	13,162	m ²
	No. de Tubos	270	
	Diámetro de los Tubos	22	mm
	Calibre de los Tubos	19	BWG
	Material de los Tubos	Admiralty	
	Longitud de los Tubos	2.95	m
	Tipo de Enfriador	Superficie	
	Gasto de Agua de Enfriamiento	459	m ³ /h

EQUIPO	C A R A C T E R I S T I C A S		
ENFRIADORES	Superficie de Enfriamiento	75	m ²
DE	No. de Tubos	946	
ACEITE	Diámetro de los Tubos	15	mm
	Calibre de los Tubos	0.75	BWG
	Longitud de los Tubos	1.728	m
	Material de los Tubos	Admiralty	
	Tipo de Enfriador	Superficie	
	Gasto del agua de Enfriamiento	107	m ³ /h

FUENTE DE INFORMACION:

Instructivo de la máquina de la fábrica KWU.

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO Y SUS AUXILIARES

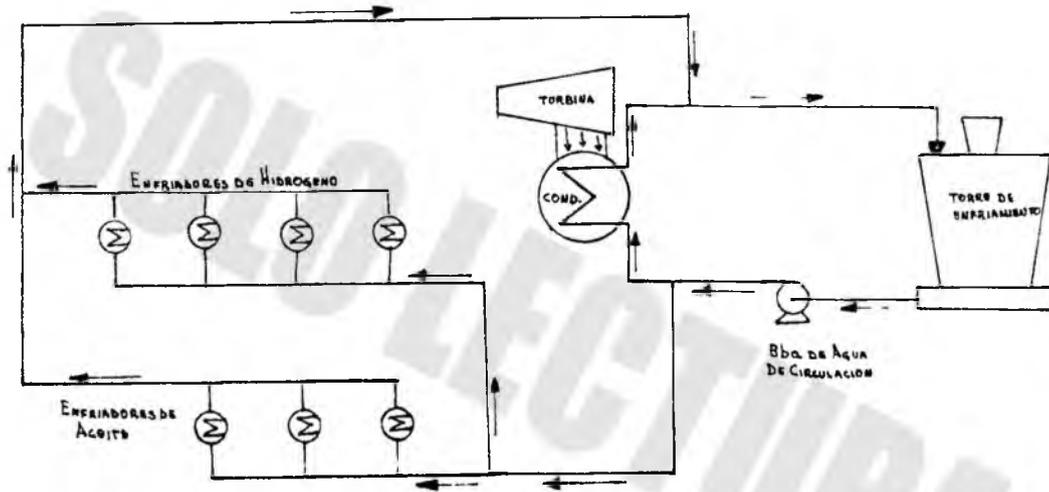


FIG. No 5

2.3.- BREVE DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS-RESIDUALES PERTENECIENTE A LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS - COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO.

Esta planta se encuentra situada a la altura del Km. 33 de la autopista México-Querétaro, San Martín Obispo, Estado de México.

La planta de tratamiento consiste de un tratamiento primario, secundario y terciario formado por las siguientes unidades.

TRATAMIENTO PRIMARIO	}	Obra de Toma y Bombeo de Aguas Crudas
		Rejillas automática y manual (2)
		Desarenador (2)
		Canal de Acceso y Medidor Parshall
		Sedimentador Primario (2)

TRATAMIENTO PRIMARIO.- En este tratamiento tenemos la obra de captación que está construída en el margen izquierdo del interceptor poniente y consiste en dos carcamos de concreto que tienen instalados dos rejillas cuya finalidad es evitar el paso de sólidos flotantes y basura que pueda dañar al equipo de bombeo.

El sistema de rejillas instalado cuenta con un equipo de limpieza mecánico en una sección, y en la otra la limpieza es manual.

El carcamo propiamente dicho tiene compuertas para su operación y está dividido en dos secciones para poder realizar su mantenimiento en un momento dado a los equipos.

La alimentación de agua cruda es por medio de una tubería-

de acero al carbón 20"Ø controlada con dos válvulas de tipo compuerta y seccionadas una de ellas por medio de un operador actuador eléctrico y la otra por medio de un By-Pass con sus respectivas válvulas de compuerta.

La finalidad de estas válvulas es para controlar el flujo de agua a la entrada del sistema de bombeo.

El equipo de bombeo está formado por 6 bombas sumergibles - cada una de 100 litros por segundo con el objeto de trabajar 4 - y dejar 2 de reserva.

Los desarenadores hidráulico y mecánico son dispositivos - que tienen como finalidad sedimentar arena que dañaría a los impulsores de las bombas, y además causar serias dificultades de operación en los tanques de sedimentación primaria.

Canal de Acceso y Medidor Parshall.- Este medidor fué instalado con la finalidad de conocer el flujo de agua a tratar y así determinar las pérdidas totales a lo largo del proceso.

Este tipo de medidor de gasto fué ideado para mediciones - de agua para irrigación en canales abiertos donde puede haber - mucho escombros y cieno y donde se puede tolerar pequeñas pérdidas de carga.

En principio, este medidor es similar al medidor de Venturi por cuanto tiene una sección de entrada con sus lados levemente convergentes hacia una sección de salida cuyos lados divergen en mayor proporción hacia la anchura original del canal. Para la determinación del gasto mediante fórmulas o tablas, en las condiciones de gasto no sumergido.

Para la determinación del gasto mediante fórmulas o tablas, en las condiciones de gasto no sumergido, que es el caso más usual, es necesaria únicamente una medida: la de la profundidad del agua, aguas arriba, a una distancia fija de la garganta. El medidor se construye casi con cualquier material de construcción; pero para mayor precisión la garganta, para darle dimensiones exactas, se suele hacer con un metal resistente a la corrosión y abrasión.

SEDIMENTADOR PRIMARIO.- En este paso se separan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales mediante un proceso físico de asentamiento logrando reducirlos en un 40 al 60%.

Los lodos sedimentados son arrastrados mecánicamente hacia una tolva concentradora de donde son extraídos mediante purgas por medio de actuadores eléctricos.

La sedimentación de los sólidos suspendidos se logra debido a la baja velocidad por donde circula el agua en estos dichos tanques.

Los tanques en mención cuentan con un drenaje manual para cuando se requieran ser vaciados para su mantenimiento.

En este caso se cuenta con tanques de sedimentación en forma rectangular con una capacidad de 200 litros por segundo, - siendo un total de 2 sedimentadores, por lo que se tiene una capacidad total de 400 litros por segundo.

TRATAMIENTO SECUNDARIO { Tanque de Aeración
Sedimentadores Secundarios

TANQUE DE AERACION.- El tanque de aeración es una estructura -- rectangular construída en concreto, con un volumen de 12,672 metros cúbicos con un tiempo de retención de 8.8 horas y se encuentran en el interior 9 equipos de aeración- los cuales se trabajan en forma alternada de acuerdo a las necesidades y condiciones del agua residual.

Mediante la transferencia de oxígeno en el agua. Por el - íntimo contacto entre el aire y el agua del tanque provocando - por los aeradores de superficie se lleva a cabo la oxidación de la materia orgánica a compuestos más estables no contaminantes.

Los detergentes que trae el agua residual forman espuma de bido a la agitación provocada por los aeradores, dicha espuma - es abatida con agua aplicada por medio de unos aspersores instalados alrededor del tanque de aeración. Debido a la estructura molecular de los detergentes estos no son biodegradables.

Los equipos de aeración son del tipo de superficie y con - capacidad de potencia de 50 H.P., los cuales se sujetan por medio de cables y de esta manera pueden ser fácilmente removidos, para su mantenimiento y revisión.

Los tipos de detergentes que se fabrican en México son en su mayoría formulados a base de sulfato aquilbenceno que por su estructura molecular son muy difíciles de eliminar en un tratamiento de estabilización orgánica.

Estos productos se encuentran presentes a lo largo del proceso y en el tanque de aeración de donde se tiene una agitación superficial provoca grandes cantidades de espuma la cual ocasiona problemas de mantenimiento.

Para abatir esta espuma se tiene instalado en la superficie del tanque de aeración una red de espreas tirando agua del mismo tanque para eliminar la espuma.

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS.- La entrada del agua a los sedimentadores secundarios se controla por medio de una compuerta, pasando a una canaleta repartidora-perforadora en el fondo de tal manera que se provoque turbulencia, el tiempo de retención es de 2 horas. Los lados sedimentados son enviados por medio de rastras mecánicas hacia una tolva concentradora de donde son extraídos, para su recirculación parcial, y el resto enviándolo al drenaje (90 y 10%).

La salida del agua de los sedimentadores se lleva a cabo por medio de canales vertedores, los cuales se comunican a su vez a otro canal colector, que envía dicha agua al tanque de mezcla rápida.

Las rastras mecánicas son operadas por medio de un motor reductor 1.5 H.P., y se trabaja a intervalos al igual que los primarios. (trabajando media hora por media hora de descanso).

Se cuenta con dos unidades de sedimentadores secundarios con capacidad de 200 litros por segundo cada uno, por lo que se tiene una capacidad de 400 litros por segundo, y se tiene de reserva para facilitar su mantenimiento.

Las utilizadas tanto en sedimentadores primarios como en los secundarios son de madera de pino acondicionada con un tratamiento químico previo.

TRATAMIENTO TERCIARIO	}	<ul style="list-style-type: none"> Tanque de mezcla rápida Tanque de floculación y coagulación Cloración (2) Sedimentador de placas (2)
-----------------------	---	---

TANQUE DE MEZCLA RAPIDA.- Adición de floculante.- Este tanque - tiene un tiempo de retención de 2 minutos y cuenta con un agitador eléctrico provisto de paletas de acero inoxidable.

En este tanque se adiciona sulfato de aluminio liquido, en una concentración variable de acuerdo a la calidad del agua a tratar, que varía según la estación del año.

TANQUE DE FLOCULACION.- Este es un tanque de concreto en forma rectangular provisto de manparas de fibra de vidrio para el flujo del agua sea en zig-zag. Estas manparas están separadas paralelamente a todo lo largo del floculador la separación de estas manparas se va haciendo más amplia conforme va fluyendo el agua, de tal forma al final la velocidad es tan pequeña que se llega a producir el floculo requerido.

Este tanque tiene un tiempo de retención de 19 minutos y su volumen del tanque es de 316 m^3 .

CLORACION.- Se cuenta con dos equipos de cloración con capacidad de 450 Kilogramos por 24 horas cada uno y con 20 cilindros para gas cloro con capacidad de 900 Kilogramos cada uno. Estos tanques son manejados por medio de un polipasto de 2.5 toneladas de capacidad. Cuando se vacía un tanque de gas se detecta por medio de manómetros de presión y por el peso de dichos tanques por medio de una báscula.

Las partes por millón que se adicionan de este reactivo es de acuerdo a la demanda del agua a tratar pero si debe permanecer en el agua 1 p.p.m.

Los cloradores marca. Los Altiernan son operados por medio de agua a presión la cual al pasar por un inyector provoca un vacío, haciendo posible el paso del gas cloro para ser mezclado por la misma agua y así conducirse por medio de una tubería hasta su punto de aplicación.

El punto de aplicación de la mezcla gas cloro-agua se tiene en la entrada del sedimentador de placas.

SEDIMENTADOR DE PLACAS.- La entrada a este tanque cuenta con un detector el cual obliga al agua a distribuirse lentamente por el fondo del sedimentador obligando de esta forma al sedimentador los lodos debido a la baja velocidad del flujo el tiempo de contacto del cloro en este tanque es igual al tiempo de retención 30 minutos.

La extracción de los lodos sedimentados se hace por medio de actuadores eléctricos y pueden ser recirculados al floculador.

Se cuenta con unos dispositivos de fibra de vidrio contruídos en forma de panales llamadas placas paralelas cuya finalidad es amortiguar la velocidad de flujo ascendente y obligar a su vez a los floculos ligeros a sedimentarse.

La recolección del agua clarificada se hace por decantación para lo cual por lo cual se tiene un canal recolector a todo lo largo del sedimentador.

EL CARCAMO DE BOMBEO.- Consiste en 4 bombas cada una con una capacidad de 150 litros por segundo. Y con una capacidad de 170 m^3 . el carcamo de bombeo de agua ya tratada para ser mandada a la Termoeléctrica, o bien mandarla a

un tanque de regularización de una capacidad de 13,000 m³ para ser almacenada en caso de alguna falla en la planta de S.A.R.H.

A la salida del tanque se tiene una línea de distribución de 20"Ø.

La planta cuenta con un edificio de los reactivos:

- a) Dosificador de cal.
- b) Dosificador de sulfato de aluminio.
- c) Edificio de Administración y mantenimiento, laboratorio.
- d) Subestación receptora
- e) Subestación de distribución.
- f) Caseta de vigilancia.

Como se muestra en el diagrama de bloques del tratamiento del agua residuales en la Fig. No. 6.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

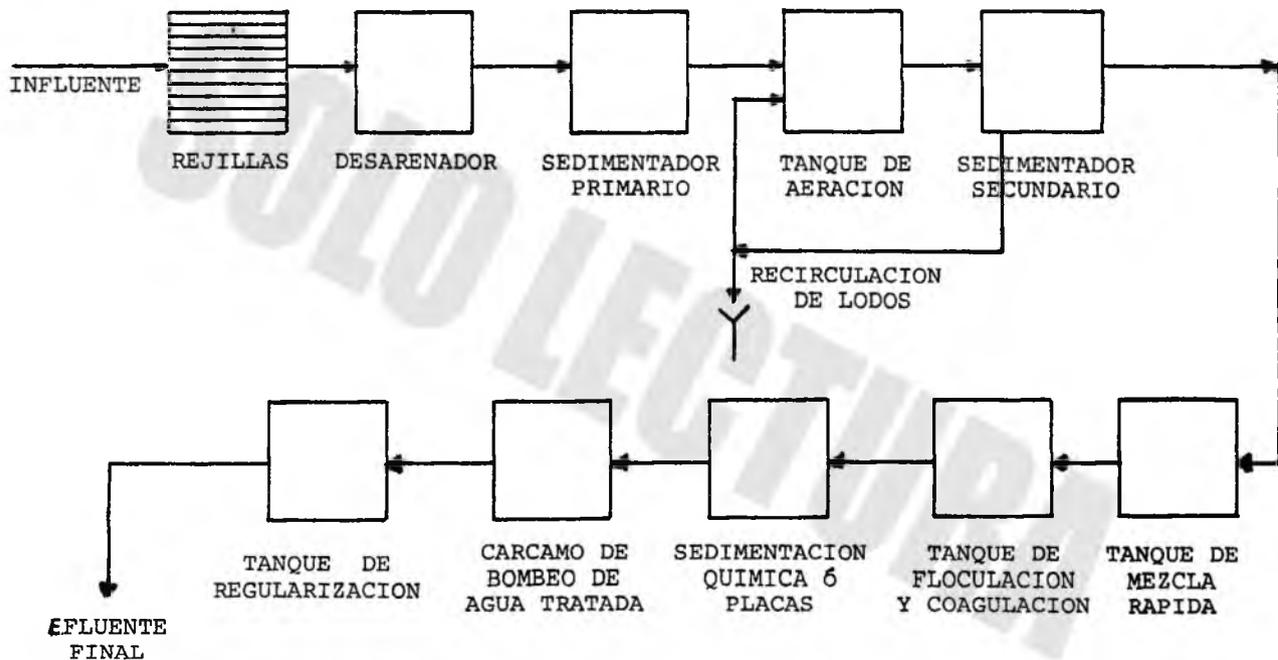


Figura No. 6

CAPITULO III

TRATAMIENTOS QUIMICOS SECUNDARIOS Y SU SELECCION

SECCION A.- GENERALIDADES.

Aparentemente el tratamiento del agua es una operación sencilla, pero en la realidad ha causado muchos problemas de funcionamiento y por lo tanto económico. Hay bastante literatura al respecto para tratar el problema en una forma general, sin precisar la forma de resolverlo. La razón de esto es principalmente a que los que escriben al respecto son las compañías que se dedican a vender equipo o productos para el tratamiento externo, generalmente no recomiendan el tratamiento interno ni siquiera como un complemento del externo, y las compañías que venden los productos para el tratamiento interno han obtenido sus formulaciones a través de muchos años de experiencia práctica, por lo que es imposible tener un estandar del tratamiento interno.

Las materias básicas y los principios son más o menos conocidos, pero la combinación de ellos es la calidad particular de cada fabricante de productos para tratamiento interno, y como es natural, dichas formulaciones se mantienen en secreto. El tratamiento del agua para los sistemas de enfriamiento.

Los problemas que puede causar el agua pueden ser sencillos y sin consecuencias, pero la mayoría de las veces son de consideración e incluso llegan a ser muy serios, motivando fuertes erogaciones económicas y trastornos en la producción.

Los problemas que puede causar el agua en los sistemas de enfriamiento se pueden resumir en:

Como resultado al incrustarse en el interior de los tubos, el depósito formado actuará como un aislante haciendo disminuir la transmisión de calor causando serios problemas como son: abatimiento del vacío en el condensador, altas temperaturas de - - aceite de lubricación y elevación de la temperatura del hidrógeno para la refrigeración del generador.

Lo anterior nos da como resultado una baja eficiencia del trabajo en las turbinas, pues su salto adiabático disminuiría.

Pues bien, toda esta transformación del vapor constituye - el salto adiabático que va con una presión de 63 Kilogramos por centímetro cuadrado con una temperatura de 485 grados centígrados hasta llegar a un vacío de 530 mm Hg.

Podemos comprender que si dicho vacío disminuye, el salto adiabático será más corto y por lo tanto menor su aprovechamiento al transformar la energía cinética de la turbina en energía eléctrica en el generador.

Los sistemas de refrigeración del generador son empleados - gas Hidrógeno. Al ensuciarse el interior de los tubos de los - cambiadores de calor, la temperatura del gas aumentará provocando alta presión en los lados del gas, altas temperaturas en el generador, lo que puede provocar daños en los sellos del gas, - embobinado del generador y además aumentan las posibilidades de exposiciones por fugas de gas.

Las temperaturas del aceite de lubricación también se elevan al ensuciarse sus enfriadores, provocando desgastes acelerando en puntos importantes

del generador como son chu maceras de apoyo, bombas de agua de circulación, etc.

Todos estos problemas deben ser evitados o minimizados al procurar un tratamiento al agua de enfriamiento.

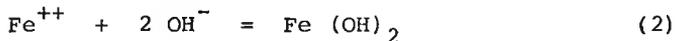
- a) Corrosión
- b) Incrustación
- c) Formación de Algas
- d) Lodos
- e) Espuma.

3.1.- a) CORROSION.- Para poder comprender los problemas de la corrosión ocasionados por el agua es necesario hacer un breve resumen en la teoría de la corrosión con agua.

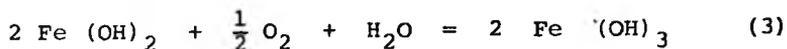
REACCIONES ANODICAS.- Cuando el fierro o el acero se ponen en contacto con agua, el fierro se disuelve en determinados puntos de la superficie llamados ánodos.



Si la solución es ácida los iones ferrosos formados en esta reacción pueden permanecer como tales y si hay agentes oxidantes presentes, los iones ferrosos pueden oxidarse a sales insolubles férricas. Sin embargo, la mayoría de las aguas de los sistemas de enfriamiento son casi neutras en pH y están saturadas con oxígeno. Bajo estas condiciones los iones ferrosos son precipitados hidróxido ferroso.



El hidróxido ferroso es fácilmente oxidado formando una mezcla de complejos insolubles representados colectivamente como hidróxido férrico.



El hidróxido férrico forma un lodo gelatinoso de color café que se encuentra en las superficies metálicas en contacto -- con agua. Si a estas superficies se les permite secarse, mojar se y secarse alternativamente, entonces los lodos de hidróxido-férrico conocido vulgarmente como óxido o herrumbre.



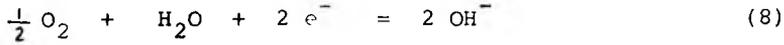
REACCIONES CATODICAS.- Los electrones producidos en el ánodo se dirigen a determinados puntos de la superficie llamados cátodos, donde motivan reacciones complejas - dependiendo de las condiciones prevalentes del sistema. En -- aguas fuertemente ácidas la primera reacción produce hidrógeno.



El hidrógeno puede formar unas capas de búrbulas pequeñas-- sobre el metal evitando que se ponga en contacto la superficie-- aumentando la resistencia al flujo de corriente y reduciendo -- así también la corrosión. En soluciones saturadas de oxígeno, éste evita la formación de estas capas protectoras de hidrógeno reaccionando con él.



En aguas neutras o casi neutras, la concentración de iones hidrógeno es tan baja que la formación de gas hidrógeno es tan-- baja que la formación de gas hidrógeno es casi nula. En estas-- condiciones la reacción catódica principal es la reducción de -- oxígeno a iones OH^- .



Observese que los dos tipos de reacciones catódicas tienden a aumentar el pH del agua, en la primera reacción disminuyen los iones hidrógeno y en la segunda aumentan los iones OH^- .

Principalmente en aguas neutras, las áreas cercanas a las porciones catódicas pueden tener un pH más elevado que el promedio de la solución. Este hecho es importante para entender qué tipos de inhibidores de corrosión son buenos.

REACCION TOTAL DE LA CORROSION.- La corrosión del hierro en agua es una combinación de los procesos antes explicados. Las reacciones anódicas y catódicas forman un potencial electroquímico. La diferencia de potencial entre estas dos reacciones ocasiona la fuerza para las reacciones de corrosión.

A la corriente que fluye entre las áreas catódicas y anódicas, se le llama "corriente de corrosión" y el potencial neto de la superficie corroída es el "potencial de corrosión".

Una pieza de metal como un tubo o un cabezal de intercambiador o un testigo, el cual se pone en contacto con la solución, puede tener, distribuidas sobre la superficie, las áreas catódicas y anódicas. La corrosión puede ser uniforme en toda la superficie o únicamente un "picado" en áreas de la superficie.

Sin embargo, algunas veces puede definirse claramente la separación de las áreas catódicas y anódicas en una superficie de metal; un ejemplo de este caso es cuando un tubo está sumergido parcialmente en agua estancada y la parte superior está en contacto con el aire. (Fig. No. 7.

El contenido de oxígeno en el agua es mayor en la región - cercana a la superficie, entonces la reacción catódica (Reac. - No. 8) puede ocurrir más fácilmente en la porción metálica cerca de la superficie. La porción del hierro un poco más abajo - será la reacción anódica en donde el hierro se irá disolviendo (Reac. 1) como iones ferrosos. Estos iones al difundirse a través del agua reaccionarán con los iones OH^- formando el hidróxido ferroso (Reac. 2) y posiblemente reacciones con un exceso de oxígeno formando el hidróxido férrico (Reac. 3). Así, una capa de hidróxido férrico se irá acumulando en la superficie del tubo un poco abajo del nivel del gaua, entre la región catódica y la anódica. Las reacciones de este tipo, dependen de la concentración de oxígeno.

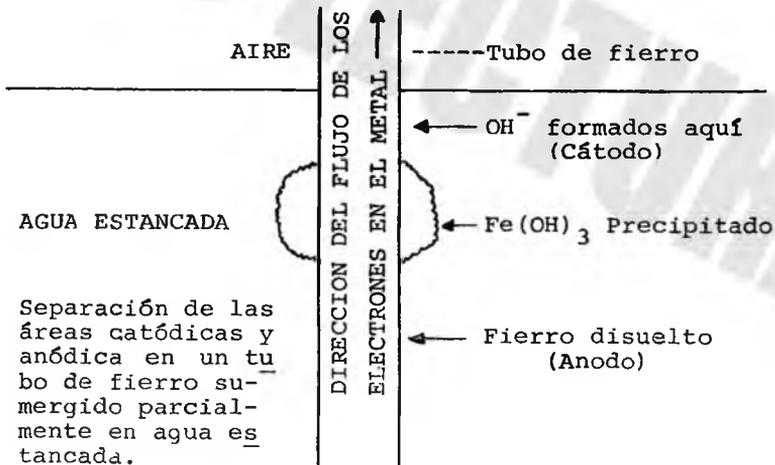


Fig. No. 7

Hasta ahora se ha considerado que los ánodos y los cátodos se forman en un mismo metal. Si se acoplan dos metales diferentes, el metal que sea más electropositivo será el que se disuelva más pronto, y por tanto hará el ánodo y entonces el otro será el cátodo. En estas ocasiones las reacciones catódicas y -- anódicas se aceleran. Por ejemplo, si se acopla bronce con hierro, éste se corroerá más aprisa que si estuviera separado y el bronce se verá protegido por las reacciones catódicas. A la -- protección del bronce se le llama "protección catódica" y el incremento de corrosión del hierro al acoplarse con el bronce se le llama "ataque galvánico". Algunas de las posibles fuentes -- de ataque galvánico en los sistemas de enfriamiento de agua, es -- tán indicadas en la siguiente tabla. No. 5.

TABLA No. 5

FUENTES POTENCIALES DE POTENCIAL GALVANICO

Acoplamiento de diferentes materiales.
 Incrustaciones de óxidos.
 Depósito de lodos.
 Metales deformados
 Inclusión de metales.
 Diferencias en microestructura.
 Diferencia de Temperaturas.
 Diferentes concentraciones en la solución.
 Diferencia de velocidades.

PICADO POR CORROSION.- (Pitting). Aunque la corrosión es una -- combinación de las reacciones anódicas y catiónicas por separado, la velocidad de la corrosión puede ser controlada disminuyendo uno de ambos procesos.

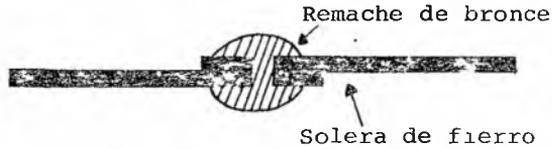
La mayoría de los procesos anódicos en agua son rápidos, -

sin embargo las reacciones catódicas pueden ser lentas, especialmente en aguas casi neutras, en donde la reacción principal es la reducción del oxígeno (Reac. 8). En tales sistemas la velocidad de la corrosión es controlada por la rapidez de difu---sión del oxígeno sobre la superficie del metal y la velocidad - de la corrosión se dice que está bajo "control catódico".

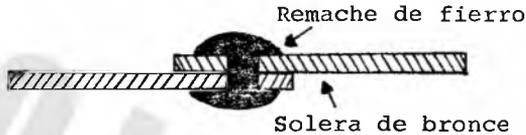
Aunque los sistemas de enfriamiento de agua generalmente - están bajo control catódico, la velocidad de corrosión es pro--porcional al área catódica disponible.

Por otro lado, el área anódica apenas si tiene un pequeño efecto, o ninguno, sobre la velocidad de corrosión. Para ilustrar este importante concepto, se indican los dos casos señalados en la Fig. No. 8.

En el primer caso se tiene dos soleras de fierro acopladas por medio de un remache de bronce y en el segundo caso se tiene dos soleras de bronce acopladas por un remache de fierro. En el primer caso la velocidad de corrosión es lenta debido a la reducida área catódica (el remache de bronce), ya que el fierro es el ánodo con respecto al bronce. En este caso pequeño incremento de la velocidad de corrosión se difunde a través de toda la superficie de fierro y no puede ser observada.



EL FIERRO SE CORROERA LENTAMENTE



EL FIERRO SE CORROERA RAPIDAMENTE

El segundo caso sucede lo contrario, ya que el área catódica (solera de bronce) es enorme con respecto al ánodo (remache de hierro), y la velocidad de reacción únicamente está limitada por la concentración del oxígeno. Todo el ataque corrosivo se concentra sobre el remache, el cual puede ser disuelto rápidamente.

Este segundo caso indica el mecanismo seguido en la corrosión llamada de picado, o sea cuando una pequeña área está expuesta a una área catódica grande. En superficies grandes, este ataque es similar a una superficie picoteada.

Los conceptos de control catódico, ataque galvánico y picado, son muy importantes para poder deducir un control adecuado-

a la corrosión. Hay muchas formas de favorecer la corrosión de picado a los sistemas de enfriamiento. Por ejemplo, cuando un metal está cubierto por una incrustación, fácilmente se puede introducir agua a través de una hendidura de dicha incrustación y ponerse en contacto con el metal y favorecer el picado. Este caso contradice un concepto muy difundido entre los prácticos y algunos técnicos que opinan en la incrustación es de Carbonato de Calcio, ya que este es un inhibidor del tipo catódico. en la práctica el método que se utiliza para evitar la corrosión consiste en formar una capa delgada sobre el metal con algún inhibidor, pero si éste no cubre totalmente la superficie por falta de concentración o porque no es el adecuado, entonces en vez de evitarse la corrosión se favorecerá el picado.

Hasta este momento se ha descrito el mecanismo de la corrosión. Ahora se tratará de exponer las causas más comunes que la originan,

Como se ha indicado, la presencia de oxígeno en el agua posiblemente sea el principal problema, sobre todo en los sistemas de enfriamiento) en donde el agua forzosamente está en contacto íntimo con el aire. Para eliminar el oxígeno solamente hay dos formas: una mecánica, por medio de un desaerador que se basa en elevar la temperatura del agua y dispersarla, y por lo tanto no es adecuado; y la otra forma consiste en obligar al oxígeno a reaccionar con productos químicos, hay otros productos orgánicos que se utilizan en los tratamientos internos que ayudan a inhibir el oxígeno, pero esta operación no es completa, por este motivo el tratamiento interno se basa principalmente en formar una película protectora sobre la superficie.

Otros gases que favorecen la corrosión y que frecuentemente se encuentran en el agua, son el CO_2 y el H_2S que bajan el pH del agua, favoreciendo las reacciones catódicas; por este mo

tivo es muy conveniente colocar una torre desaeradora para el agua cruda que entra al sistema y así eliminar estos gases, si es que se encuentran en concentraciones peligrosas.

Por otro lado no se puede elevar el pH arriba de 8 porque se favorece notablemente las precipitaciones de las sales de calcio y magnesio produciendo lodo e incrustaciones, además de que si eleva demasiado el pH se puede deslignificar la madera.

Otra causa muy importante es la concentración de sólidos disueltos en el agua, ya que éstos incrementan la conductividad obligando a aumentar la cantidad de inhibidor o sea aumentando el costo; por otro lado, para mantener una concentración baja de sólidos disueltos nos veremos obligados a purgar grandes cantidades de agua del sistema y reponerla con agua cruda a la cual hay que tratar también químicamente. Además de estos factores es necesario considerar otros y solamente la experiencia puede determinar qué concentración es la adecuada.

Otro factor que fluye en la corrosión es la velocidad del flujo del agua, la cual puede tener efectos benéficos o perjudiciales en la corrosión. Las altas velocidades del agua ayudan a difundir el oxígeno a través del sistema, ayudando a evitar la formación de áreas anódicas en las regiones donde el flujo es lento. También las velocidades altas ayudan a evitar la acoplación de productos de la corrosión, incrustaciones y lodos. Por otro lado, si la velocidad es demasiado alta impide la formación de la película protectora de inhibidores, favoreciendo así la corrosión.

Como en un sistema de enfriamiento es difícil evitar el uso de dos o más metales favoreciendo la acción galvánica, existen unos equipos sencillos que se conocen comercialmente como de protección catódica, para neutralizar dicha acción.

Parece que estos equipos son bastante efectivos y convenientes sobre todo en instalaciones grandes. Otra forma de contrarrestar la acción galvánica es protegiendo la superficie con Inhibidores.

3.2-b) INCRUSTACION.- Como se sabe el agua contiene en solución sales orgánicas en mayor o menor proporción según su procedencia (de río, de pozo profundo, de lluvia, de agua residual, etc.).

Los iones más comunmente encontrados en el agua son:

<u>CATIONES</u>	<u>ANIONES</u>
Na ⁺	Cl ⁻
Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻⁻
Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁻⁻
Fe ⁺⁺	NO ₃ ⁻
Fe ⁺⁺⁺	OH ⁻
H ⁺	PO ₄ ⁻⁻⁻
Al ⁺⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻

La mayoría de las aguas contienen sílice, en una proporción que varía de 10 a 150 p.p.m., siendo en el Valle de México la concentración más frecuente entre 50 y 100 p.p.m.

La dureza del agua es ocasionada principalmente por las sales de calcio y magnesio. La dureza temporal se forma por los bicarbonatos de calcio y magnesio, que son afectados por el aumento de temperatura y alcalinidad, transformándose en carbonatos de calcio y en hidróxido de magnesio.

La dureza permanente es causada principalmente por el sulfato de calcio y de magnesio. No la afecta la alcalinidad y no se precipita por la ebullición. Las sales de calcio son de solubilidad negativa o sea, a mayor temperatura menor solubilidad.

Las sustancias que forman las incrustaciones son:

- 1.- Sulfato de Calcio. Incrustación muy dura y compacta.
- 2.- Silicato de Calcio y Magnesio. Forman incrustaciones más duras y consistentes que el sulfato de calcio.
- 3.- Hidróxidos de Calcio y Magnesio. Forman incrustaciones blandas.
- 4.- Carbonato de Calcio. Forman incrustaciones blandas y porosas.

Cuando una incrustación contiene más del 70% de silicatos prácticamente sólo se puede remover por medio mecánicos o por productos químicos muy enérgicos. Las incrustaciones, principalmente las de sulfato de calcio, se pueden eliminar con soluciones de ácido clorhídrico inhibido con Rodine o con ácido sulfámico inhibido, o por medio de un adecuado tratamiento interno que contenga desincrustadores orgánicos.

Las incrustaciones basadas principalmente en carbonatos de calcio, se pueden eliminar fácilmente con HCL inhibido o con ácido sulfámico o también con un adecuado tratamiento interno. En las calderas, el carbonato de calcio puede eliminarse fácilmente aumentando la alcalinidad, pero en los sistemas de enfriamiento no se puede ser esto, porque las aguas con pH mayor de 9 atacan a la madera, deslignificándola, ocasionando así su deterioro.

En algunas ocasiones se recomienda utilizar una sal alcalina en concentración suficiente para mantener el pH en II cons--tante, durante 8 días como máximo, pero esto no es muy aconsejable porque además de poder atacar un poco la madera.

Desprende la incrustación en trozos grandes que pueden taponar el sistema. Algunas compañías que se dedican al trata---miento externo utilizan el método anterior, pero además agregan los protectores para la madera y desincrustantes orgánicos queevitan el desprendimiento en trozos grandes.

Las incrustaciones son buenos aislantes del calor como sepuede apreciar en la Tabla No. ocasionando que la transmisión de calor se reduzca notablemente, obligando a reducir los rendimientos de la planta e incluso hasta suspender las operaciones para desincrustar el equipo.

La desincrustación rápida del equipo por medio de ácidos - es muy costosa, porque además de que se pierden de una o dos semanas de producción, hay que considerar que se tiene que seguir pagando la mano de obra; además se requiere colocar equipo adicional, como son bombas, instalación de tuberías, etc.

También es necesario, en la torre de enfriamiento, hacer - instalaciones de tubería para eliminar la torre durante la de--sincrustación con dos objetos. Primero, que el ácido no vaya a perjudicar a la torre (madera). Segundo, el volumen de agua -- que contiene la torre (tomando en cuenta la pileta). Puede ser considerable, requiriendo cantidades fuertes de ácido para mantener la concentración adecuada, no siendo indispensable ésto--porque generalmente en la torre no se forman las incrustracio---nes.

Además, la desincrustación con ácido requiere una tempera-

tura entre 50 y 80°C, necesitando para ello un sistema de calentamiento.

TABLA No. 6

AUMENTO EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (EN LAS CALDERAS)
POR LA PRESENCIA DE INCRUSTACION EN LOS FLUXES.

<u>Espesor de la Incrustación.</u>	<u>% de aumento en el consumo de combustible.</u>	<u>Pérdidas de combustible en Lts. por M³ consumido.</u>
1/32"	2 a 3%	20 a 30 Lts.
1/16"	4 a 5%	40 a 50 Lts.
1/8"	10%	100 Lts.
3/16"	15%	150 Lts.
1/4"	20%	200 Lts.
1/2"	30%	300 Lts.

Los valores de esta tabla son aproximados, ya que dependen de varios factores, como son el tipo y densidad de la incrustación, presión en la caldera, lugar donde se depositó la incrustación, etc.

En los sistemas de enfriamiento la reducción de transmisión de calor por la incrustación afecta disminuyendo la eficiencia del enfriamiento.

INHIBIDORES DE CORROSION.- Como se indicó antes, los problemas de corrosión o incrustación están íntimamente ligados entre sí, por esta razón los productos para tratamiento interno vienen complementados con inhibidores de corrosión.

Los inhibidores de corrosión trabajan por interferencia -- trabajan por interferencia de las reacciones de corrosión catódicas y anódicas o por ambas a la vez. Esta interferencia puede ser mecánica (simple adsorción de la superficie para prevenir el contacto entre el metal y el agua) ó química (reaccionando con la superficie para formar una capa protectora e inerte.

Algunos de los más comunes inhibidores están clasificados como catódicos o anódicos de acuerdo con los efectos de estas reacciones.

Los inhibidores anódicos actúan reduciendo el área disponible. Pero como se vió anteriormente en la mayoría de los sistemas de enfriamiento la corrosión está bajo control catódico, entonces, al reducir el área anódica no es tan efectivo.

ALGUNOS DE LOS INHIBIDORES USADOS EN ENFRIAMIENTO CON AGUA

<u>ANODICOS</u>	<u>CATODICOS</u>
Cromato de Sodio	Bicarbonato de calcio
Ortofosfatos	Polifosfatos
Ferrocianuro de sodio	Metales catiónicos (Zn)
Compuestos orgánicos	Compuestos orgánicos
Polifosfatos-Cromato	Carbonato de calcio
Silicatos	Bicarbonatos de calcio
Molidatos	Zinc-Cromato

Para que un inhibidor anódico sea efectivo, se requiere -- que se use en concentraciones grandes, lo cual sirva para frenar la reacción catódica, o ambos.

Los inhibidores catiónicos son bastante más efectivos porque evitan el ataque de picado. Los polifosfatos son bastante-

efectivos, pero tienen la desventaja que se transforman a ortofosfatos eliminándose del sistema.

Los problemas de corrosión ligeros y medianos pueden ser resueltos por el tratamiento interno clásico, pero cuando son muy fuertes el tratamiento por el sistema clásico es muy costoso y cuando los problemas de incrustación no son serios, lo más conveniente es el uso de cristales de Hexametáfosfato de Sodio-Zinc.

Cristales Hexametáfosfato de sodio-zinc.- Se han comenzado a usar unos productos basados en la disolución lenta de sus cristales. Estos cristales tienen diferentes composiciones, pero básicamente lo que se ha tratado de hacer es que las sustancias usadas para el tratamiento sean cristalizadas y se usen en condiciones y proporciones tales que a la hora que se disuelvan por el paso continuo del agua dan una concentración de producto suficiente para resolver los problemas de incrustación y corrosión. La aplicación de estos cristales es independiente de la dureza y condiciones del agua, ya que no producen la precipitación de las sales sino su dispersión y suspensión dejando a su vez una película sobre todo el sistema que evita la corrosión y la incrustación.

El uso de estos productos es muy económico y efectivo, las dosis usadas pueden variar mucho en razón directa de la composición de los cristales. Además si ya existen incrustaciones o productos de la corrosión éstos van siendo removidos lentamente hasta ser eliminados.

Una de las ventajas principales con el uso de estos cristales es que además de dar protección al sistema de enfriamiento, pueden aplicarse también a las redes municipales protegiéndolas

en la misma forma y siendo mucho más económico que cualquier -- otro tratamineto.

CONDICIONES:

Con las cuatro unidades mencionadas, la capacidad total de la planta asciende a 224,000 Kilo Watt-Hora.

Factor de consumo de agua es de 5 litros por Kilo Watt-Hora.

El volumen total de las piletas es de $5,800 \text{ m}^3$.

Torres 1 y 2 es de 800 m^3 cada una.

Torres 3 y 4 es de $2,100 \text{ m}^3$ cada una.

El agua de repuesto por las 4 unidades es de $1,120 \text{ m}^3/\text{h}$

De acuerdo a estas condiciones se dosifica nuestro sistema de enfriamiento de la siguiente manera:

El inhibidor de corrosión se dosifica a 5 p.p.m. en agua - de repuesto de la siguiente forma:

- a) En la torre 1 y 2 se dosifica 1 Kilo cada 4 horas.
- b) En la torre 3 y 4 se dosifica 2 Kilos cada 4 horas.

Este producto se presenta en cristales claros y disueltos - dentro del agua de la pileta por medio de unas canastillas de - tela de alambre.

El incrustante dispersante se dosifica a 10 p.p.m. en agua de repuesto de la siguiente manera:

- a) En la torre 1 y 2 se dosifica a 10 p.p.m.
- b) En la torre 3 y 4 se dosifica 16 litros cada 6 horas.

Este producto se presenta en líquido claro se encuentra almacenado en un tanque con una capacidad de 16 metros cúbicos y se dosifica por medio de una bomba, al cabezal del agua residual tratada que distribuye a las cuatro torres de enfriamiento.

3.3.- FORMACION DE ALGAS.- Antes de ver la manera de atacar este problema, se deberá conocer los tipos de algas más comunes. En torres de enfriamiento se presentan principalmente 3 tipos de algas.

1.- Algas Verdes.- Son el resultado de la influencia de la luz sobre ciertas esporas.

2.- Algas de Oxido Negro.- Son un resultado de ciertas bacterias que trabajan sobre las esporas que se alimentan de productos que existen en el agua estando dichas esporas en contacto con el aire.

3.- Algas Oscuras.- Crecen sobre los metales en ausencia de luz solar y afectan principalmente la transmisión de calor.

En los sistemas de enfriamiento tienden a producirse crecimientos de algas, bacterias y lamas, estos crecimientos microbianos pueden poner fuera de servicio un sistema de enfriamiento. Estos crecimientos son generalmente limosos y fibrosos, pero se presentan también como flóculos sueltos, y además de destruir los conductos de agua, los crecimientos pueden formar incrustaciones, acelerar la corrosión de los metales y atacar a la madera de las torres de enfriamiento.

Existen tratamientos químicos para el control del agua del sistema de enfriamiento como son los siguientes:

- 1.- A base de cloro gaseoso y los hipocloritos.
- 2.- Mezclas de sales a base de sulfato de cobre.
- 3.- Compuestos de aminas cuaternarias.

El comportamiento de cada uno de estos compuestos es distinto. El cloro gaseoso y los hipocloritos son los más comúnmente usados debido a su precio y efectividad, además las algas e podrán volver resistentes a estas substancias pero nunca inmunizarse debido a que el cloro gaseoso las destruye. El cloro es más o menos inofensivo a la salud si se usa en dosis adecuada.

En la planta toda la materia orgánica se destruye inyectando cloro directamente al agua, gas pesado de color amarillo de fórmula Cl_2 , por medio de los cuatro llamados Cloradores-Dosificadores que existe uno para cada torre.

- a) Los cloradores 1 y 2 con una capacidad de 90 kilos por día.
- b) Los cloradores 3 y 4 con una capacidad de 180 kilos por día.

La inyección de cloro se tiene continuamente la dosificación para mantener 0.5 p.p.m. de cloro residual libre todo el tiempo en el agua de las torres de enfriamiento.

Si tiene el equipo necesario de protección para el manejo del cloro y de sus instalaciones adecuadas para evitar cualquier fuga de cloro.

El sulfato de cobre es venenoso y decolora todo lo que toca. Los compuestos de aminas cuaternarias son inofensivos, potables y efectivos siempre y cuando no haya una humedad alta en el aire.

La aplicación de estos microbicidas o algicidas se debe hacer cuando ya haya formación de algas, aplicando una fuerte dosis hasta matar las algas. Los microbicidas deben usarse únicamente cuando se comiencen a formar las algas, ya que si se aplican constantemente, las algas pueden inmunizarse o volverse resistentes, requiriéndose dosis más fuertes progresivamente. En estos casos en que se requiere una adición constante de microbicidas se deberá hacer cambios de formulación para evitar la inmunización.

Los problemas de corrosión, incrustación y algas están relacionados entre sí, por este tiempo, se requiere que sean atacados al mismo tiempo.

El tratamiento del agua se puede dividir en dos, de acuerdo con el lugar en donde se verifique las reacciones químicas, ya sea fuera o dentro del sistema de enfriamiento.

TRATAMIENTO EXTERNO.- Es aquel que se le da al agua antes de entrar al sistema, o sea que las reacciones se efectúan fuera del mismo. Como ya se dijo anteriormente se le da un tratamiento al agua a la entrada del cabezal del agua residual tratada.

Cuando el agua se va a utilizar en las calderas, es indispensable que tenga una dureza de 0 (dentro de las calderas), pero en los sistemas de enfriamiento esto no es posible, e incluso puede existir dentro del sistema durezas del rango de 500 a 900 p.p.m.; y si está tratada con un buen tratamiento interno que contengan buenos secuestrantes, esta agua no incrustará al sistema; por este motivo no es práctico el uso del tratamiento externo en los sistemas de enfriamiento, bastando únicamente, el tratamiento interno.

TABLA No. 7

RENDIMIENTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EXTERNOS

	REDUCE LA DUREZA A p.p.m. CaCO ₃	ALCALINIDAD p.p.m. CaCO ₃	SOLIDOS DISUELTOS	SILICE
CAL CARBONATO (frío)	30 a 85	40 a 100	disminuyen	disminuyen
CAL CARBONATO (caliente)	17 a 25	35 a 50	disminuyen	disminuyen
CAL SODA FOSFATO (caliente)	1 a 3	35 a 50	disminuyen	disminuyen
ZEOLITA DE SODIO	0 a 2	no se altera	no se altera	no se altera
CAL SODA ZEOLITA	0 a 2	20 a 25	disminuyen	disminuyen
DESALCALINIZACION ANIONICA	0 a	15 a 35	no se altera	no se altera
DESMINERALIZACION	0 a 2	0 a 2	0 a 5	0.15
EVAPORACION	0 a 2	0 a 2	0 a 5	0.15

Además, como se dijo anteriormente, el tratamiento externo únicamente ayuda a evitar los problemas de incrustación, pero no los de corrosión así aún que haya tratamiento externo habrá que complementarlo con el tratamiento interno.

TRATAMIENTO INTERNO.- Es aquel que se le da al agua dentro del sistema o sea que todas las reacciones se efectúan dentro del mismo. Hay dos clases de tratamiento interno; el primero a base de coloides, dispersantes, secuestrantes, desincrustantes e inhibidores de corrosión. El segundo utiliza unos cristales a base de sílice y fosfatos, que se van disolviendo lentamente.

En las calderas el tratamiento interno se basa en precipitar, en una forma inofensiva las sales de calcio y magnesio; en cambio en los sistemas de enfriamiento, se basa en evitar las precipitaciones de estas sales hasta donde sea posible, pero parte de ellas no podrán evitarse que se precipiten, entonces se procurará que dichos precipitados sean totalmente inofensivos, convirtiéndolos en lodos sin adherencia, que se irán asentando en la parte más baja del sistema en donde en las torres de enfriamiento se asentarán en las piletas de las torres de donde son eliminados por medio de la purga.

Para hacer esta operación el tratamiento interno cuenta con secuestrantes, coloides, dispersantes, desincrustantes además de sus inhibidores de corrosión perfectamente balanceados.

COLOIDES.- Son sustancias que al disolverse en el agua adquieren estado coloidal. En el tratamiento interno se usan coloides orgánicos que den sales liófilos.

El comportamiento de los colóides es extremadamente complejo, a veces actúan como secuestrantes de calcio y magnesio, pe-

ro su función principal en los tratamientos internos es la de envolver cualquier partícula sólida volviéndola más pesada y eliminando sus propiedades adherentes para evitar las incrustaciones y los lodos adherentes.

DISPERSANTES.- Son sustancias orgánicas que adquieren el estado coloidal al disolverse en el agua. Su forma de comportarse es también muy compleja.

En el tratamiento del agua tienen dos funciones: dispersar cualquier partícula sólida que se haya precipitado evitando que incruste, y también una acción secuestrante de las sales de calcio y magnesio. Las partículas que hayan sido envueltas por los coloides pierden su adherencia con respecto a las superficies metálicas pero pueden adherirse entre sí, glutinándose, entonces por la acción de los dispersantes se evita que se adhiera una partícula con otra.

SECUESTRANTES.- Los hay de tipo orgánico como el versenato de sodio e inorgánicos como los polifosfatos principalmente el hexametáfosfato de sodio o calgon.

Los secuestrantes tienen como función secuestrar los iones de calcio, magnesio, aluminio, manganeso y fierro, sin precipitarlos. Este efecto se basa en que reaccionan con ellos formando complejos. Los secuestrantes orgánicos son más estables y efectivos que los polifosfatos, pero son también más caros y por eso se usan de preferencia los polifosfatos.

Lo más importante es que los polifosfatos en agua se van transformando lentamente a ortofosfatos por la acción de la temperatura y la luz.

Los ortofosfatos no tienen acción secuestrante sino que precipitan los iones de calcio como fosfatos de calcio.

En cuanto al magnesio, la forma más incrustante es cuando precipita como hidróxido, así que mientras que en el sistema no haya una alcalinidad alta el magnesio no causará muchos problemas, ya que el sulfato de magnesio es soluble. El magnesio también puede precipitar como silicato de magnesio. Según la proporción que haya entre la cantidad de sílice y magnesio aquel será nocivo al sistema de enfriamiento.

El problema de la sílice es bastante complicado y dañino - sobre todo en el sistema de enfriamiento.

La sílice se encuentra generalmente en las aguas del Valle de México entre 40 y 180 p.p.m. Supongase que el agua del sistema de enfriamiento se concentra en esas condiciones siempre - se precipita, esta concentración de sílice mucho muy elevada lo más probable es que el sistema se incruste si no cuenta con protección de coloides y dispersante.

Otra forma de eliminar la sílice es que se purgue el sistema de enfriamiento y agregar agua de repuesto para bajar la concentración de sílice.

DESINCRUSTANTES.- Los tratamientos internos de buena calidad agregan siempre a sus fórmulas productos químicos de acción desincrustante, ya que un equipo se opere por primera vez y esté dándosele un buen tratamiento al agua, habrá ocasiones en -- que por descuido de supervisión, el agua no haya sido tratada - convenientemente, o como se sabe, la composición del agua cruda puede variar totalmente de un día para otro dando motivo a la - formación de incrustación; entonces conviene agregar estos productos dentro del tratamiento como una medida de seguridad.

APLICACION DE MICROBICIDAS.

El control químico microbiológico se lleva a cabo en la -- planta para su sistema de agua de enfriamiento de dos tipos de microbicida.

Se dice que la microbicida es un biocida que ataca efectivamente una amplia gama de bacterias, hongos y algas.

También se dice que la microbicida que contiene mezclas si nnergistas por lo que completamente lleva el control microbiológico, evitando su proliferación y erradicándolos del sistema.

Para tener dispersa la fauna microbiológica y como ayuda a la penetración sobre los depósitos orgánicos del cloro y microbicidas.

Estas microbicidas se dosifican 50 p.p.m. en volumen de -- agua en circulación de la siguiente manera.

- a) En la torre 1 y 2 se dosifica 75 litros cada quince días.
- b) En la torre 3 y 4 se dosifica 125 litros cada quince días al ternativamente se dosifican estas microbicidas viene siendo una vez por mes el choque de microbicidas para el sistema de enfriamiento.

Este producto se presenta en dos formas como son dos tipos de microbicida, son líquidos, uno es claro transparente, y el - otro es amarillo ambar, y se dosifica por medio de porrones de plástico en el carcamo de succión de la bomba de agua de circulación.

ADICION DE ACIDO SULFURICO

En el agua de circulación del sistema de enfriamiento es necesario la adición del ácido sulfúrico para ayudar a eliminar los el carbonato de calcio y no se nos llegue a formar incrustaciones en el sistema de enfriamiento.

Al agregar este ácido el agua actúa pasando los carbonatos de calcio a Sulfatos de calcio según la reacción;



El sulfato de calcio formado no entra realmente en la formación de la incrustación, ya que no es muy soluble, a menos -- que se encuentre en gran cantidad.

Es decir, si sube el PH, el agua es más alcalina, por lo -- que se añade ácido. Si baja el PH el agua es más ácida por lo -- que baja ó aún se puede cortar el suministro del ácido sulfúrico.

El agua muy alcalina produce incrustaciones en las tube--- rías y una muy ácida, corrosión. Es por esto que debe mantener se lo más exacto posible el PH en el agua.

El valor de PH debe de mantenerse entre los valores de -- 7.0 - 7.5 en el agua del sistema de enfriamiento.

Este ácido es dosificado por medio de una bomba dosificado ra, de pistón directamente a cada tanque ó pileta de la torre -- de enfriamiento.

3.4.- d) LODOS.- Estos pueden venir en el agua de alimentación, o formarse con el precipitado de la dureza temporal o permanente combinando con la materia orgánica que puede venir en el agua de alimentación o contaminarse durante el proceso de enfriamiento de algas y bacterias formadas en el sistema.

Las dificultades que pueden causar los lodos dependen del tipo de sistema de enfriamiento. Los lodos de densidad mayor que la del agua se depositan en la parte inferior del sistema de enfriamiento y pueden ser fácilmente eliminados por medio de la purga periódica del sistema, pero los lodos que están suspendidos en el agua pueden ocasionar problemas difíciles, ya que sirven de mortero para la formación de incrustaciones, sobre todo cuando son del tipo orgánico.

Algunas aguas que si no tuvieran estos lodos orgánicos posiblemente no incrustarían grandemente el sistema, con ellos se puede formar una incrustación por medio de ácidos o de productos desincrustantes, debido a que la materia orgánica protege dicha incrustación.

En muchas ocasiones, el observar una incrustación, no se descubre fácilmente esta materia orgánica y esta es la razón por la cual no se logra desincrustar un sistema, ya que es necesario atacar ambos problemas.

Cuando el agua de alimentación del sistema trae lodos, se procura eliminar éstos por medio de filtración o de asentamiento con coagulantes ó por medio de una combinación de ambos sistemas, según el tipo y cantidad de lodos. Cuando los lodos se forman dentro del sistema, se eliminan con un adecuado tratamiento interno como ya se explicó anteriormente, y si hay materia orgánica como algas y bacterias, se atacan por medio de microbicidas.

3.5.- e) ESPUMA.- La espuma del agua residual tratada es una -- causa frecuente de serios problemas de producción, algunos de los costos reales de problemas en espuma son:

- a) Desechos de productos debido a derrames y contaminación.
- b) Ineficiencia de operaciones unitarias.
- c) Seguridad de salud y problemas de contaminación.
- d) Reducción de la vida del equipo.

La espuma es causada por la introducción de agentes espumantes, ocurriendo en el proceso, el contaminante en un líquido con espuma causa una diferencia en la composición entre la capa superficial y el resto de la solución, y ayuda a soportar la espuma por una actividad superficial "un fenómeno en el cual los agentes activos reducen la tensión superficial del solvente por concentración en la capa superficial".

Estos agentes activos superficiales ayudan a la formación de una película protectora alrededor de cada burbuja.

Los compuestos químicos controladores de espuma son llamados antiespumantes de acuerdo con las características de funcionamiento.

Una distinción teórica que existe entre ambos dos términos es:

- 1).- ANTIESPUMANTES.- Previene la formación de espuma o aire -- atrapado.
- 2).- DESESPUMANTES.- Elimina la espuma, la cual ya ha sido formada.

Es bastante difícil separar la habilidad desespumante o antiespumantes de cualquier tipo de productos particulares, para propósitos prácticos, las palabras antiespumante y desespumante son sinónimos.

SISTEMA DE CONTROL DE LA ESPUMA

El agua residual tratada contiene normalmente jabón, detergentes y otros agentes tensoactivos que producen espuma cuando es aireada con los ventiladores de las torres o simplemente con al aire del medio ambiente.

El viento puede levantar la espuma de la superficie y extenderla por los alrededores contaminando todo lo que toque.

Además de antiestética, la espuma es un riesgo para los trabajadores, ya que es muy resbaladiza incluso una vez que ha perdido su consistencia. Por otro lado, una vez que la espuma se ha secado resulta difícil de limpiar.

En la planta se utiliza un método que permite controlar la formación de espuma. Esta aplicación de antiespumante es con el fin de tener limpio donde se encuentra el sistema de aguas residuales del sistema de enfriamiento.

Este producto químico es líquido de color amarillo ambar y se dosifica en el carcamo de la succión de las bombas de cada una de las torres de enfriamiento este antiespumante se dosifica de la siguiente forma para cada una de las torres de enfriamiento.

- a) En la torre 1 y 2 se dosifica 4 litros cada 4 horas
- b) En la torre 3 y 4 se dosifica 8 litros cada 4 horas.

Es así como se controla la espuma de las torres de enfriamiento de la planta

SOLO LECTURA

CAPITULO IV

PROYECTO DEL SISTEMA DE DOSIFICACION DEL AGUA

Para poder diseñar el sistema de dosificación se requiere primeramente conocer la cantidad de aguas residuales tratadas - para el sistema de enfriamiento que se va a manejar en la Termo eléctrica de Lechería.

Para ello el principal parámetro limitante es la concentra ción máxima permisible de sílice que no provoque incrustación. De acuerdo con los datos de la solubilidad de sílice, es conveniente conservar dicha concentración de 180 p.p.m. Esto quiere decir que nuestro valor será dos veces la concentración obtenida siendo dos ciclos de acuerdo a los análisis químicos realizados en la planta.

En el agua de circulación del sistema de enfriamiento siendo esto así $2 \times 90 = 180$ p.p.m. Con estos datos podemos calcular nuestro flujo de agua de la descarga continua.

La operación de un sistema evaporativo y para permitir al operador de la planta el cálculo y el rendimiento del flujo de agua de enfriamiento que se bombea a través de todo el circuito de enfriamiento de la planta, que por lo general enfría un cier to número de cambiadores: Por medio de un medidor de presión - en la descarga de la bomba debería de dar una estimación razona blemente exacta del flujo.

La diferencia de temperatura. Este término se refiere a - la diferencia entre la temperatura promedio del agua de enfriamiento que regresa a la torre desde los cambiadores de la plan ta.

4.1 CALCULO DEL GASTO VOLUMETRICO DEL AGUA RESIDUAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Se tomará como base para el cálculo, los datos de la unidad No. 1, incluidos en la siguiente Tabla No. 8.

TABLA No. 8

DATOS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

DATOS DE LAS UNIDADES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	UNIDADES	
	1 y 2	3 y 4
Gasto del agua de enfriamiento	6.4×10^6 Kg/hr	16.0×10^6 Kg/hr
Calor específico del agua	1 Cal/Kg	1 Cal/Kg
Gradiente de temperatura	8° C	9° C
Calor latente	560 Kcal/Kg°C	560 Kcal/Kg°C
Pérdidas por viento	0.1% Fabricante	0.05% Fabricante
Conc. inicial de Sílice en el agua residual tratada	45 ppm	45 ppm
Conc. Máxima permisible de Sílice en el agua de circulación.	180 ppm	180 ppm

EVAPORACION (E) Es agua perdida a la atmosfera en el proceso de enfriamiento la evaporación depende de la cantidad de agua que se está enfriando y la diferencia de temperatura. La cantidad de evaporación que puede tener en una torre está limitada por la humedad relativa del aire.

El cálculo de este gasto volumétrico se obtiene de la siguiente igualdad:

$$R = E + P_v + P_c \quad (1)$$

E = Pérdidas por evaporación

P_v = Pérdidas por viento

P_c = Purga Continua

R = Agua de Repuesto

$$E = \frac{Q}{\lambda}$$

$$Q = W C T$$

$$E = \frac{W \times C \times \Delta T}{\lambda} \quad (2)$$

W = Flujo de agua de circulación	6,480	m ³ /h
C = Calor específico del agua	1.0	Kcal/Kg°C
T = Diferencia de temperatura entrando y saliendo del condensador	8	°C
Calor latente del agua	560	Kcal/Kg
E = La carga térmica producida por la torre de enfriamiento	92.5	m ³ /h
Q = Carga térmica = es la cantidad de calor retirado por la torre de un determinado tiempo = WxCxT		
E =	$\frac{6480 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ Cal/Kg}^\circ\text{C} \times 8^\circ\text{C}}{560 \text{ Kcal/Kg}} = 92.5 \text{ m}^3/\text{h}$	

PERDIDAS POR VIENTO (Pv).- Es el agua que se pierde en forma de pequeñas gotas de rocío al ser arrastradas por el flujo de aire en la torre de enfriamiento los fabricantes indican que las pérdidas por viento será 0.1% del agua de circulación por las torres 1 y 2 y 0.05% para las torres 3 y 4.

$$Pv = 0.1\% W \quad (3)$$

Pv = Pérdidas por viento

0.1% = Dato del fabricante pérdidas por viento.

W = Gasto del agua de enfriamiento 6,480 m³/h.

$$Pv = \frac{W}{1000} \quad (4)$$

$$Pv = \frac{6,480 \text{ m}^3/\text{h}}{1000} = 6.55 \text{ m}^3/\text{h}$$

PURGA CONTINUA (Pc).- El agua perdida por evaporación provoca que la concentración de los sólidos disueltos en el agua de enfriamiento se incremente a tal grado que pueda causar ensuciamiento al sistema, por lo que se debe de establecer una purga continua cuya magnitud se controla de acuerdo a la concentración de sílice en el agua de circulación. En base a la solubilidad de la sílice se toma como concentración limitante 180 p.p.m. El cálculo de la purga continua lo hacemos mediante un pequeño balance de masa.

$$R \times C_1 = (Pc + Pv) C_2$$

$$R = E + Pv + Pc$$

$$(E + Pc + Pv) C_1 = (Pc + Pv) C_2$$

$$C_1 + Pc C_1 + Pv C_1 = Pc C_2 + Pv C_2$$

$$E C_1 + Pv C_1 = Pc C_2 - Pc C_1 + Pv C_2$$

$$E C_1 = P_c (C_2 - C_1) + P_v (C_2 - C_1)$$

De donde

$$P_c = E \frac{C_1}{C_2 - C_1} - P_v \quad (5)$$

P_c = Purga continúa

E = Evaporación

C_1 = Concentración inicial de sólidos 45 p.p.m.

C_2 = Concentración final de sólidos 180 p.p.m.

P_v = Pérdidas por viento.

$$\begin{aligned} P_c &= 92.5 \text{ m}^3/\text{h} \frac{45}{180 - 45} - 6.5 \text{ m}^3/\text{h} = \\ &= 24.5 \text{ m}^3/\text{h}. \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores calculados en la Ec. No. (1) el agua residual tratada de repuesto necesaria para las torres 1 y 2 será la siguiente:

$$R = E + P_v + P_c$$

$$\begin{aligned} R &= 92.5 \text{ m}^3/\text{h} + 6.5 \text{ m}^3/\text{h} + 24 \text{ m}^3/\text{h} = \\ &= 123.5 \text{ m}^3/\text{h}. \end{aligned}$$

Efectuando los mismos cálculos para las demás unidades, 3- y 4 se elaboró la Tabla No. 9.

TABLA No. 9

DATOS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

RESULTADOS DE LAS UNIDADES DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	U N I D A D E S	
	1 y 2	3 y 4
Evaporación (E)	92.5 m ³ /h	257.2 m ³ /h
Pérdidas por viento (Pv)	6.5 m ³ /h	8.0 m ³ /h
Purga continua de agua residual tratada (Pc)	24.5 m ³ /h	78.0 m ³ /h
Agua de repuesto del sistema de enfriamiento (R)	123.5 m ³ /h	343.0 m ³ /h

Este cálculo se hizo con una concentración inicial de sílice SiO₃ en agua residual tratada para el sistema de enfriamiento de la Termoeléctrica de Lechería de 45 p.p.m.

El motivo del cálculo es para determinar la placa de orificio, así como también el agua de repuesto.

Al determinar cada uno de los sumandos de la igualdad se puede definir lo que es el agua de repuesto:

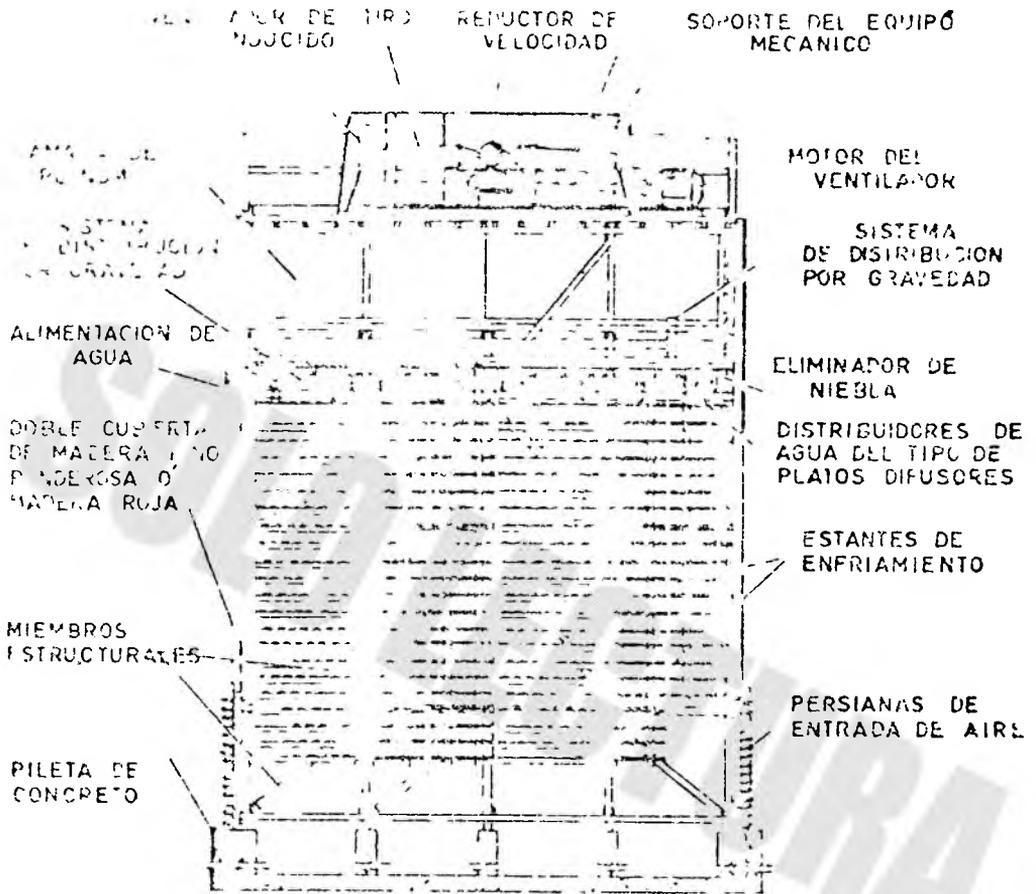
Es el agua necesaria para reemplazar las pérdidas ocasionadas por el sistema y causadas por la evaporación arrastre, descarga continua y eventualmente pequeñas fugas.

- a).- Ensuciamiento en los tubos del condensador, origina la pérdida del vacío.
- b).- Corrosión en los mismos tubos del condensador hasta provocar su rotura y al ocurrir esto existe una mezcla de agua-

de enfriamiento con el condensado del vapor de la máquina.

- c).- Errores de la operación ocasiona altas concentraciones de los sólidos.

SOLO LECTURA



CORTE SECCIONAL DE UNA TORRE TIPICA DE ENFRIAMIENTO A CONTRA CORRIENTE Y TIPO INDUCIDO

Fig. No. 9

CAPITULO V

CONTROL QUIMICO DEL SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

El control químico y el monitoreo de los resultados y la acción correctiva se requiere para un programa efectivo de tratamiento del agua de enfriamiento. Una gran variedad de herramientas analíticas y dispositivos de monitoreo se hallan disponibles para ayudar al desarrollo y mantenimiento de un programa químico que proporcione una operación eficiente.

La meta del análisis y del monitoreo es la identificación de problemas potenciales antes que ocurran. Las principales herramientas de diagnóstico incluyen los siguientes:

- 1.- Análisis del agua (Laboratorio)
- 2.- Análisis de los depósitos (Orgánicos, Inorgánicos y Microbiológicos)
- 3.- Dispositivos de monitoreo de Corrosión y de depositación.
- 4.- Análisis metalográficos.
- 5.- Análisis microbiológicos.

Es así como se llevará a cabo el control químico del agua-residual tratada para el sistema de enfriamiento de sus cuatro torres de enfriamiento.

5.1 PARAMETROS PARA CONTROLAR EN EL AGUA RESIDUAL TRATADA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

A continuación se darán los parámetros y los acondicionamientos químicos de las torres de enfriamiento en servicio con Agua Residual Tratada.

- 1.- Controlar el PH entre los valores 7.0 - 7.5 en el agua residual tratada, mediante la adición de ácido sulfúrico.

ZONA ACIDA							ZONA NEUTRA	ZONA ALCALINA						
1.- Suspender adición de ácido									1.- Adicionar ácido					
2.- Abrir purgas continuas								2.- Cerrar purgas continuas						
3.- Adicionar agua de repuesto								3.- Reducir agua de repuesto						
ZONA CORROSIVA							ZONA INCrustACION Y ENSUCIAMIENTO							
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14

- 2.- Controlar la sílice SiO_2 entre los valores 165-180 ppm, en el agua residual tratada del sistema de enfriamiento.

- 2.1.- Valores menores de 165, cerrar purga continua.
2.2.- Valores mayores de 180, abrir purga continua.

- 3.- Controlar el Cloro Libre Residual entre 0.5 - 0.7 ppm. en el agua residual tratada del sistema de enfriamiento.

- 3.1.- Cloración continua de cada unidad con su clorador.

- 4.- Controlar la alcalinidad F/M $F = 0$, $M = 400$ ppm. máximo.

5.2.- METODOS DE ANALISIS QUIMICOS.

TERMOELECTRICA

"ING. JORGE LUQUE L."

AGUAS RESIDUALES TRATADAS
DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

LABORATORIO

METODO No. 1

MEDICION DEL PH DEL AGUA

- 1.- Ajuste del aparato
 - a) Oprimir botón manual de ajuste de temperatura.
 - b) Fijar la perilla de temperatura del agua residual tratada.
 - c) Sumergir los electrodos en una solución reguladora de PH conocido. Agite el vaso para asegurar un contacto directo.
 - d) Oprimir el botón "READ" y con el de "ASYMM" o de estandarización ajuste la lectura al valor del PH de la solución reguladora.
 - e) Oprimir el botón de "STAND-BY"
 - f) Lavar los electrodos con agua destilada.
 - g) Mantener los electrodos sumergidos en agua destilada.

- 2.- Medición del aparato
 - a) Oprimir el botón manual de ajuste de temperatura.
 - b) Fijar la perilla de temperatura del agua residual.
 - c) Enjuagar varias veces los electrodos con el agua de --- muestra y después dejarlos sumergidos en ella.
 - d) Oprimir el botón "READ", espere que estabilice la aguja y tome la lectura del PH.
 - e) Oprima el botón "STAND BY".

NOTAS:

- 1.- Antes y después de cada medición, lavar los electrodos con agua destilada.
- 2.- No sacar los electrodos del agua mientras que esté el botón "READ" oprimido.
- 3.- Conservar los electrodos sumergidos en el agua destilada.

METODO No. 2

DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DE SILICE EN ALTAS
CONCENTRACIONES EN AGUA RESIDUAL TRATADA Y REPUESTO
DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

APARATO : FOTOCOLORIMETRO KLETT-SUMERSON 900-3
RANGO : 0 - 240 ppm SiO₂
CELDA : 20 mm
FILTRO : KS / 66

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Mídase con una pipeta 5 ml. de muestra fría y transparente- (ver notas 1 y 2) y viértase a un matraz aforado de 100 ml.
- 2.- Añada agua destilada excenta de sílice hasta la línea de -- aforo. Agitar y pasar solución a un matraz Erlenmeyer de - 250 ml.
- 3.- Añádase 10 ml. de reactivo No. 1 (Sol.HCl), y agitar.
- 4.- Añádase 10 ml. de reactivo No. 2 (Sol. de Molibdato de amonio-hidroxido de amonio), y agítese bien. Permitir que la muestra repose por 5 minutos.
- 5.- Añádase 20 ml. de reactivo No. 3 (Sol. de Sulfito de sodio), agítese bien y déjese reposar por 10 minutos.
- 6.- Pásese la solución azul resultante a la celda y tómese la - lectura del fotocolorímetro.

Obtengase la concentración mediante el factor o la curva - respectiva.

NOTAS SOBRE EL METODO

- 1.- La temperatura de la muestra y los reactivos deben de estar entre 20 y 30°C, aunque ligeras variaciones no afectan la - exactitud.
- 2.- Si la muestra está turbia, fíltrese a través de papel fil--

tro HB-1 antes del paso No. 1.- Si la muestra tiene un color más intenso que el ambar oscuro debe ser tratada de la manera siguiente:

Póngase 100 ml. de la muestra clara, previamente filtrada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml., añádase máximo una cucharadita de reactivo "A" de sílice, (nitrato de potasio y bicarbonato de sodio), hiérvase de uno a dos minutos, enfríese y recupérese con agua destilada a su volumen original y fíltrese a través de papel filtro HB-1 si la muestra queda turbia. Usese esta solución para el paso No. 1.

PREPARACION DE REACTIVOS

REACTIVO No. 1.- Solución de Acido Clorhídrico. Por medio de una bureta añada 20 ml. de ácido clorhídrico concentrado a 700 ml. de agua destilada contenido en un matraz aforado de 1,000 ml., agitar y diluir a la marca de 1 litro.

REACTIVO No. 2.- Solución de Molibdato de Amonio.- Hidróxido de Amonio. Disuélvase 75 gr. de molibdato de amonio Q.P. $(\text{NH}_4)_6 \text{MoO}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ en 900 ml de agua destilada. Después que el molibdato esté disuelto, añádase por medio de una bureta, exactamente 3.5 ml. de hidróxido de amonio que ha estado mucho tiempo en la botella puede estar contaminado por Sílice y no debe ser usado. Guárdese el reactivo No. 2 en botella de polietileno.

REACTIVO No. 3.- Solución de Sulfito. Disuélvase 170 gr. de sulfito de sodio anhidro Q. P. a un litro con agua destilada.

REACTIVO "A" Agente decolorante.- Mezclese perfectamente 89 gr. de nitrato de potasio Q. P. y un gramo de carbonato de sodio Q. P. en polvo. Pase el material mezclado a través de malla 30 y guárdese en frasco bien tapado.

SOLO LECTURA

METODO No. 3
DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL (METODO DEL COMPARADOR)
"TAYLOR"

1.- DISCUSION DEL METODO

El cloro presente disponible es equivalente a la concentración (ppm) determinada por medio del reactivo de Ortolidina y un comparador.

2.- APLICACION DEL METODO

Este método es aplicable para la determinación del cloro -- disponible libre y combinado en aguas industriales, excepto aquellas altamente contaminadas que contengan demasiado color o turbidez.

3.- BASE DEL METODO

El cloro disponible (total, libre o combinado) forma con el reactivo de ortolidina en medio ácido un compuesto de color amarillo, a la intensidad del color es proporcional a la -- concentración de cloro presente.

4.- INTERFERENCIA

El fierro, los nitritos y el manganeso causan interferencia ya que producen una cloración amarilla con la ortolidina se mejante a la debida al cloro. En estos casos se deberá emplear el método de la ortolidina arsenito.

5.- APARATOS

La determinación del color es visual, por medio de un comparados con la tablilla de rango adecuado a las concentraciones que se deben medir.

6.- REACTIVOS

a) Solución de Ortotolidina.

Disuelva 1.35 gr. de diclorhidrato de ortotolidina en 500 ml. de agua destilada. Por otro lado agregue 150 ml. de ácido clorhídrico Conc. (HCl d = 1.9). a 350 ml. de agua destilada. Mezcle ambas soluciones con agitación. Guarde la solución en frasco ambar con tapón de plástico y al abrigo de la luz solar directa. Bajo estas condiciones es estable por 6 meses, después de los cuales deberá deshacerse y preparar otra nueva solución de reactivo.

7.- PROCEDIMIENTO

- a) Enjuague bien las tres celdas con agua de muestra, llénelas hasta la marca. Séquelas y colóquelas en el comparador, teniendo cuidado de que la cara opaca quede hacia el observador.
- b) A la celda del centro agregue 0.5 ml. de solución reactiva de ortotolidina, mediante una pipeta o un gotero graduado. Mezcle bien.
- c) Saque la celda central, agítela y regresela a su lugar.- Coloque la tapa del comparador y deje reposar 5 minutos, teniendo cuidado de que no le dé la luz solar directamente.
- d) Coloque la rejilla de colores en la base del comparador y efectúe la comparación que se asemeje al color de la muestra, observando hacia una ventana o una lámpara de luz de día. Aproxime únicamente el valor promedio de dos lecturas consecutivas.

METODO No. 4

DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD "F" y "M" (METODO VOLUMETRICO)

1.- DISCUSION DEL METODO

El valor de la alcalinidad es equivalente a la concentración de base (expresada en ppm como CaCO_3) titulable con un ácido fuerte (Clorhídrico o Sulfúrico) hasta el punto de equivalencia dado por el vire de los indicadores fenolftaleína (Alcalinidad a la fenolftaleína) y naranja de metilo (Alcalinidad total).

2.- APLICACION DEL METODO

Este método es aplicado para determinar la alcalinidad de aguas industriales, exceptuando aquellas altamente contaminadas que impiden apreciar el punto final de la titulación.

3.- BASE DEL METODO

Un volúmen dado de la muestra es titulado sucesivamente con una solución estandar de ácido clorhídrico o sulfúrico hasta el punto de equivalencia de la fenolftaleína que a un PH de 8.3 vira de rosa a incoloro y enseguida al punto de equivalencia del naranja de metilo que a un PH de 4.5 vira de amarillo a naranja. La alcalinidad a la fenolftaleína da el valor de la alcalinidad debido a la presencia de hidróxidos y la mitad de carbonatos. La alcalinidad al naranja de metilo o total da el valor de la alcalinidad debida a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.

4.- APARATOS

La determinación del color es visual, debiendo hacer la titulación en una cápsula de porcelana o en un matraz de vidrio sobre fondo blanco.

5.- INTERFERENCIAS

La turbidez o materia suspendida evitará la apreciación del vire, por lo que deberá filtrarse muestra previamente a la titulación. El contenido de sustancias oxidantes o reductoras también pueden alterarse al punto final de la titulación. La presencia de cloro libre residual puede tener un efecto decolorante sobre el indicador; esto puede evitarse agregando una gota de tiosulfato de sodio 0.1N a la muestra.

6.- REACTIVOS

a) Solución de ácido sulfúrico 1N

Diluya 28 ml de ácido concentrado ($d = 1.84$) a 1 litro - con agua destilada en un matraz aforado.

b) Solución standar de ácido sulfúrico 0.02 N

Diluya 20 ml. de la solución de ácido 1N a 1 litro de - agua destilada en un matraz aforado.

c) Solución Standar de carbonato de sodio 0.02 N

Disuelva 1.060 g. de carbonato de sodio anhidro previamente secado a la estufa durante 12 horas a 140°C en - - agua destilada y diluya a 1 litro en un matraz aforado.

d) Solución de indicador de fenolftaleína.

Puede prepararse la solución acuosa (I) o la solución -- alcohólica (II).

I.- Disuelva 5 g. de sal disódica de fenolftaleína en -- agua destilada y diluya a 1 litro. Es necesario - - agregar sosa 0.02 N hasta que aparezca un ligero color rosa.

II.- Disuelva 5 gr. de fenolftaleína en 500 ml. de alcohol etílico o isopropílico y agregue 500 ml. de agua destilada. Agregue sosa 0.02 N hasta que aparezca - un ligero color rosa.

- e) Solución indicadora de naranja de metilo
Disuelva 0.5% de naranja de metilo en un litro de agua -
destilada.
- f) Solución de Tiosulfato de sodio 0.01 N
Disuelva 25 g. de tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
y diluya a un litro con agua destilada.

7.- PROCEDIMIENTO

ALCALINIDAD "F"

- 1.- Viértase en una cápsula de porcelana 50 ml. de muestra.
- 2.- Adicione 2 ó 3 gotas de solución de fenolftaleina como indi-
cador si la muestra tiene alcalinidad "F" tomará un color -
rojo bugambilia.
- 3.- Utilizando una bureta, titúlese con solución de ácido sulfú-
rico 0.02 N, hasta el cambio de rojo a incoloro.
- 4.- Tómese la lectura de los mililitros utilizados en la titula-
ción.

ALCALINIDAD "M"

- 5.- A la muestra anterior, agregue 2 ó 3 gotas de anaranjado de
metilo como indicador.
- 6.- Sin regresar la bureta a "cero", continúe titulando con la-
solución de ácido sulfúrico 0.02 N hasta que cambie de co--
lor naranja al canela.
- 7.- Tómese la lectura total (desde cero) de los mililitros uti-
lizados en la titulación.

8.- C A L C U L O S

$$\text{ALCALINIDAD } F_{\text{ppm}} = (\text{ml. H}_2\text{SO}_4 \text{ 0.02 N gastados}) \times 20$$

(usando fenolftaleína)

$$\text{ALCALINIDAD } M_{\text{ppm}} = (\text{ml. H}_2\text{SO}_4 \text{ 0.02 N gastados}) \times 20$$

(usando anaranjado de metilo)

SOLO LECTURA

METODO No. 5

DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DE HEXAMETAFOSFATO DE SODIO (CALGON) EN AGUA DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

APARATO : FOTOCOLORIMETRO KLETT/summerson 900-3

RANGO : 0 - 100 ppm como PO_4^3

CELDA : 20 mm

FILTRO : KS - 66

Esta determinación se hará para fosfatos en agua de sistema de enfriamiento tratando previamente la muestra, a fin de -- transformar los metafosfatos a ortofosfatos.

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Colocar 100 ml. de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 - ml. Marcarlos 1 y 2.
- 2.- Adicionar al matraz No. 1, 6 ml. de reactivo No. 1 para Calgon (Solución de ácido de reversión) y calentar a ebullición durante 30 minutos. Permitir que la solución se evapore hasta aproximadamente 40 ml. Dejar enfriar.
- 3.- Agregar al matraz 4 ó 5 gotas de fenolftaleina y neutralizar con solución reactivo de neutralización hasta el cambio de incoloro a rosa. Agregar una gota de reactivo No. 1 para Calgon (Solución de ácido de reversión) para que desaparezca la coloración.
- 4.- Pasar la solución a una probeta graduada y completar el volumen a 100 ml. con agua destilada, regresar la solución al matraz Erlenmeyer.

A partir de este punto, se procederá a determinar fosfato en ambos matraces, utilizando los reactivos para determinación-fotocolorimétrica de fosfato en agua de sistema de enfriamiento.

- 5.- Agregar a cada matraz 10 ml. de reactivo No. 1 (Solución de Molibdato para fotómetro) y agítese bien.
- 6.- Añadase 5 ml. de reactivo No. 2 (solución amónica) agítese bien y dejar reposar 10 minutos para que desarrolle el color.
- 7.- Tómese la lectura del fotocolorímetro y conviértase a ppm - de fosfatos mediante la curva de calibración o multiplicando por el factor correspondiente.

PREPARACION DE REACTIVOS

REACTIVO No. 1.- Solución de Acido de Reversión.- En un matraz aforado de 1,000 ml., colocar aproximadamente 600 ml. de agua destilada, agregar lentamente y con agitación constante 370 ml. de ácido sulfúrico concentrado - - (H_2SO_4) $d = 1.84$ Dejar enfriar y aforar a la marca.

REACTIVO DE NEUTRALIZACION.- Disolver 20 gr. de hidróxido de sodio (NaOH) en 100 ml. de agua destilada.

REACTIVO No. 1.- Solución de Molibdato para Fotómetro. En un matraz aforado de 1,000 ml. disuélvase 25 gr. de molibdato de amonio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) en 700 ml. de agua destilada. El molibdeno de amonio usado debe consistir en cristales blancos, sin tinte verde azulado. Añada lentamente y con agitación constante 225 ml. de ácido sulfúrico concentrado ($d = 1.84$) Q. P.
Después que la solución esté fría, diluir a un litro.

5.3 CURVAS DE CALIBRACION DE LOS METODOS DE ANALISIS

- 5.3.1 Elaborar las curvas de calibración graficando las concentraciones de Sílice SiO₂ contra sus respectivas lecturas del fotocolorímetro.
- 5.3.2 Leer en la curva de calibración las concentraciones correspondientes a las lecturas del fotocolorímetro de las muestras analizadas.
- 5.3.3 Determinar la concentración de Sílice SiO₂ de las muestras analizadas.

$$\text{mg/L de SiO}_2 = \frac{A}{B}$$

Donde:

A = Concentración de SiO₂ leída en la curva de calibración,

B = Volumen de muestra tomada para el análisis, en cm³.

O Bien:

$$L \times F = C \quad \therefore \quad F = \frac{C}{L}$$

C = Lectura de la concentración de Sílice SiO₂ en ppm.

L = Lectura del fotocolorímetro de la muestra analizada.

F = El factor de la lectura de la muestra analizada para obtener un resultado dado.

METODO No. 2

CURVA DE CALIBRACION

1.- Preparación de la Solución Patrón de 240 ppm. de Sílice - -
 SiO_2

En un matraz aforado de 1000 ml., disolver en agua destilada excenta de sílice, exactamente 1 a 25.6 miligramos de metasilicato de sodio nonahidratado ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) y diluir hasta la marca de aforo. Guárdese esta solución en frasco de polietileno.

2.- De la solución Patrón anterior, medir con exactitud y usando preferentemente pipetas volumétricas los mililitros indicados en la siguiente tabla, pasarlos a un matraz aforado de 100 ml. y completar hasta la marca con agua destilada excenta de sílice, pasar esta solución a un matraz Erlenmeyer de 250 ml., efectuando los análisis de acuerdo descripto y anotando las lecturas fotocolorímetro.

3.- Determinación del factor y trazo de la curva de calibración.

- a).- Para cada concentración, sacar la lectura promedio.
- b).- Determinar un factor, dividiendo la concentración entre la lectura promedio correspondiente.
- c).- Sacar el valor promedio de los factores calculados. Este será el factor a usar.
- d).- En papel milimétrico graficar la concentración contra su lectura correspondiente. Procurar utilizar una escala fácil de interpretar.

En caso de obtener gran diferencia de lecturas entre dos análisis para una misma concentración, repetir el análisis.

DATOS PARA OBTENER LA CURVA DE CALIBRACION

TABLA No. 10

ml. Solución Patrón 240 ppm a usar	Concentración resultante ppm SiO ₂	LECTURAS DEL FOTOCOLORIMETRO			
		(1)	(2)	(3)	PROMEDIO
0.5	24	52	50	50	50.66
1.0	48	85	86	86	85.66
2.0	96	176	176	175	175.66
3.0	144	270	272	272	271.33
4.0	192	375	375	375	375.00
5.0	240	460	460	460	460.00

CALCULO DEL FACTOR Y TRAZO DE LA CURVA DE CALIBRACION

$$L \times F = C \quad \therefore \quad F = \frac{C}{L}$$

L = Lectura

F = Factor

C = Concentración

$$F = \frac{24}{50.66} = 0.4737$$

$$F = \frac{48}{85.66} = 0.5603$$

$$F = \frac{96}{175.66} = 0.5465$$

$$F = \frac{144}{271.33} = 0.5307$$

$$F = \frac{192}{375} = 0.512$$

$$F = \frac{240}{460} = 0.5217$$

$$F = \frac{3.1449}{6} = 0.5241$$

$$F = \frac{240}{0.5241} = 457.92$$

FACTOR UTILIZADO PARA EL ANALISIS
DEL LABORATORIO

0.52

METODO No. 2

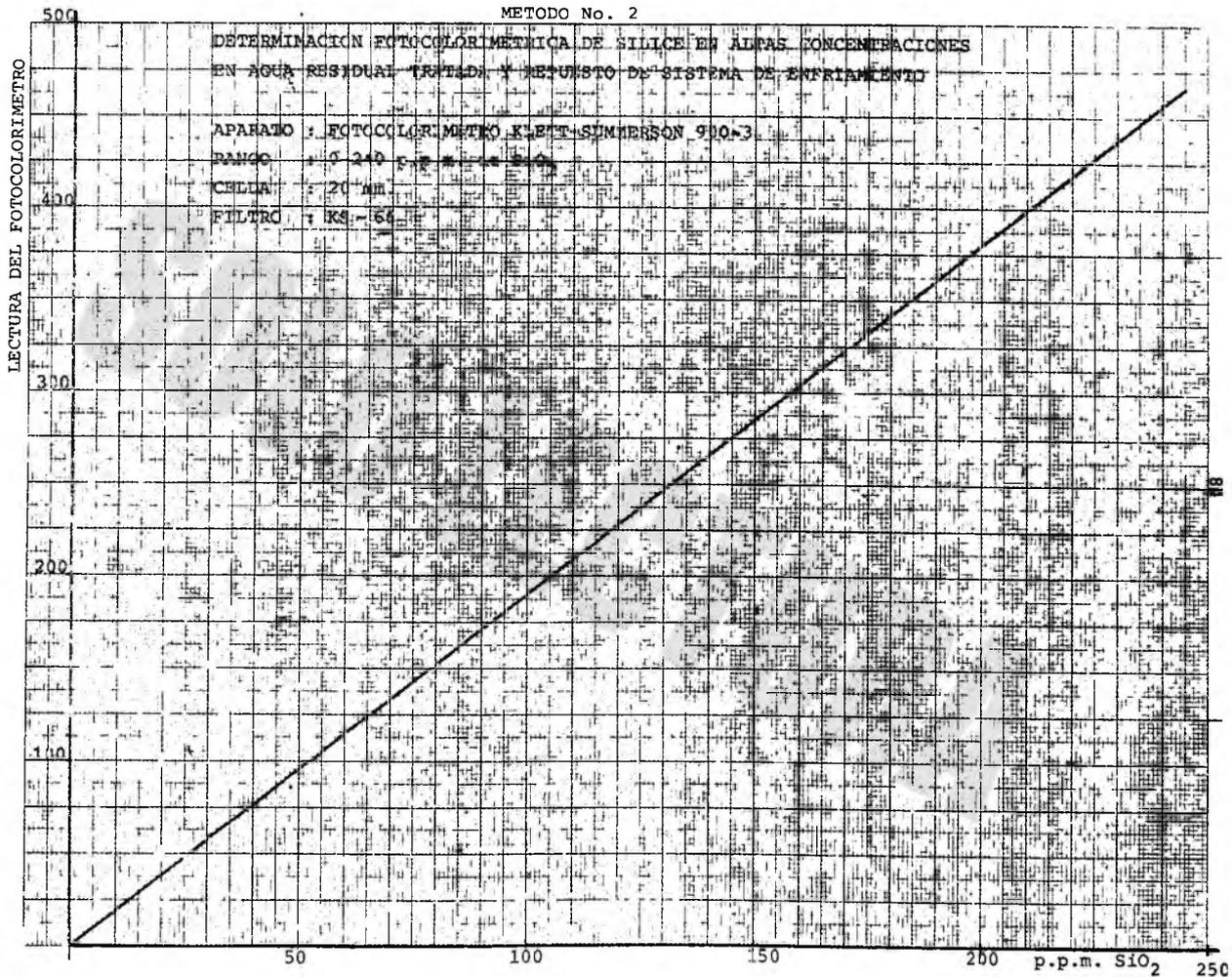
DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DE SILICE EN ALFAS CONCENTRACIONES
EN AGUA RESIDUAL TRATADA Y REUNTO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

APARATO : FOTOCOLORIMETRO K. E. T. SUMMERSON 990-3

RANGO : 0-240 p.p.m. SiO₂

CELDA : 20 mm

FILTRO : KS-66



METODO No. 5

CURVA DE CALIBRACION

I.- Preparación de la solución patrón ppm de PO_4^- .

En un matraz aforado de 1,000 ml., disolver con agua destilada 143.3 miligramos de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), -- previamente secado en estufa a 105°C y diluir hasta la marca de aforo.

II.- Córrese la curva de calibración como se describe en el Método No. 2 utilizando los mililitros de solución patrón de 100 ppm de PO_4^- indicados en la siguiente tabla y diluyendo a 100 ml. con agua destilada.

DATOS PARA OBTENER LA CURVA DE CALIBRACION

TABLA No. 11

ml. Solución patrón 100 ppm a usar	Concentración resultante ppm PO_4^-	LECTURAS DEL FOTOCOLORIMETRO			
		(1)	(2)	(3)	PROMEDIO
1	10	36	35	35	35.33
2	20	70	68	68	68.33
4	40	125	125	125	125.00
6	60	185	185	185	185.00
8	80	240	240	240	246.00
10	100	333	333	333	333.00

M E T O D O N o 51

DETERMINACION FOTOCOLORIMETRIA DE FOSFATOS DE SODIO (CALGON) EN AGUA

RESIDUAL TRATADA DEL SISTEMA DE ENFIAMIENTO

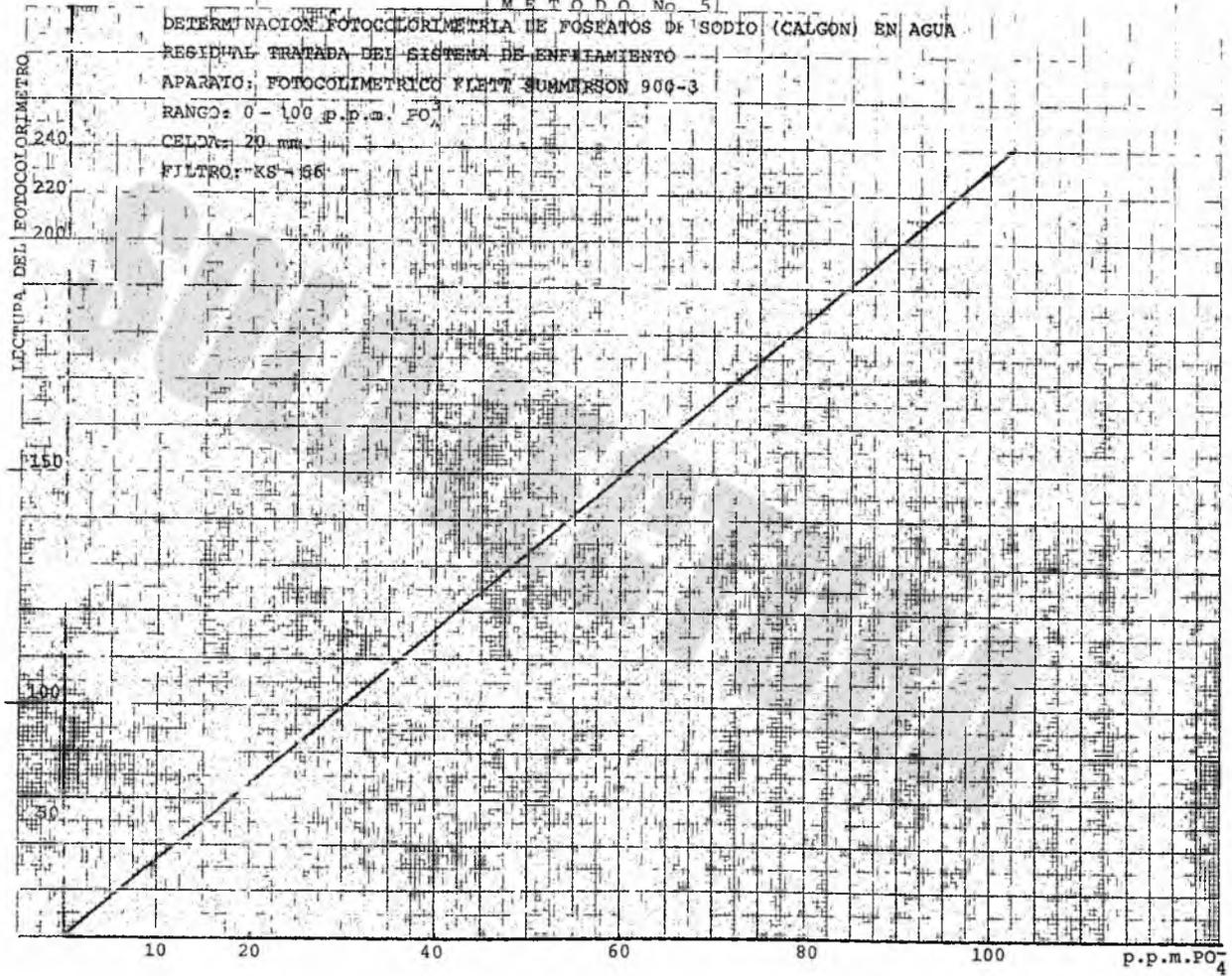
APARATO: FOTOCOLIMETRICO FLETT SUMMERSON 900-3

RANGO: 0 - 100 p.p.m. PO_4

CELDA: 20 mm

FILTRO: KS-66

LECTURA DEL FOTOCOLORIMETRO



TERMOELECTRICA ING. J. LUQUE L.

INFORME DIARIO DEL CONTROL QUIMICO DEL AGUA NEGRA TRATADA
PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

3 IX 86
DIA MES AÑO

AGUA DE REPUESTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

LABORATORIO

PARAMETROS VALORES TÍPICOS ppm	CLORO LIBRE 0.4-0.6	PH 7.0-7.7	ALCALINIDADES		S ₂ O ₈ 90 MAX	CONDUCTIVIDAD 3000 MAX	PO ₄ 10	CLORURO 200	CALCIO 375	MAGNESIO 44	DUREZA 600	SOLIDOS EN SUSPENSION 10-15
			F	M								
			0	400								

INSTRUCCIONES

EN CUANTO SE NORMALICE
LÍCE EL CAUDAL DE A.N.T
TOMAR EL VALOR DE CIORA
Y REPORCIARLO A SAPH

12:00 hrs												
13:00 hrs.												

AGUA DE CIRCULACION EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PARAMETROS LIMITE	CLORO LIBRE 0.4-0.7	PH 7.5-8.0	S ₂ O ₈ 180-190	CONDUCTIVIDAD 8000 MAX.	ALCALINIDADES			CLORURO 900
					F	M	U.	

TORRE	HORA	CLORO LIBRE	PH	S ₂ O ₈	CONDUCTIVIDAD	ALCALINIDADES			CLORURO	
						F	M	U.		
TORRE 1	13:30	0.3		154	2050	0	232	86	108	318
		0.4		156	2150	0		84		
TORRE 2	13:30	0.3		172	1750	0	256	40	120	222
		0.3		118	1750	0		30		
TORRE 3	13:30	0.3		159	2300	0	280	138	118	308
		0.3		172	2300	0		106		
TORRE 4		0.3								

INSTRUCCIONES

CUANDO SE NORMALICE
EL FLUJO DE A.N.T
SUSPENDER EL ACONDICIONA-
MIENTO DE CALCON CW630
Y ACONDICIONAR 2 HRS.
DESPUES CON:
TORRES 1 Y 2
1.5 Kg DE CALCON CW630
4 LTS DE NALCO 7107
cada 4 horas
TORRE 3
2.5 Kg DE CALCON CW630
8 LTS DE NALCO 7107
Y ACONDICIONAR CADA 4 HRS
cada 4 horas
VIGILAR
SILICE 165-180
CIORA - 0.4-0.7
ALCALINIDAD 400 MAX.

OBSERVACIONES

TORRE 3: SUSPENDIDO EL SUMINISTRO DE A.N.T A PARTIR
DE LAS 20.10 HRS DEL DIA 7-IX-86

TORRE 4: CON AGUA DE BOZO A PARTIR DE LAS 3.00 HRS
DE ESTE DIA

TORRE 1: CON LICENCIA A PARTIR DE LAS 0.40 HRS. COMENZANDO A DE PIZO

INGENIERO DE TURBO DIA	INGENIERO DE TURBO TORNADO	INGENIERO DE TURBO	INGENIERO DE PRUEBAS	INGENIERO DE LABORATORIO	INGENIERO QUIMICO	SUPERVISOR EN OPERACION	SUPERVISOR EN PLANTA
------------------------	----------------------------	--------------------	----------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------	----------------------

TERMoeLECTRICA ING. J. LUQUE L.

INFORME DIARIO DEL CONTROL QUIMICO DEL AGUA NEGRA TRATADA
PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

18. IX. 86
DIA MES AÑO

AGUA DE REPUESTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

LABORATORIO

PARAMETROS VALORES TÍPICOS DGM	CLORO L'ORC 0.4-0.6	pH 7.0-7.7	ALCALINIDADES		S, O ₂ 90 MAX	CONDUCTI- VIDAD 1000 mmhos	PO ₄ 10	CLORUROS 200	CALCIO 375	MAGNESIO 44	DUREZA 800	SOLIDOS EN SUSPENSION 10-15
			F	M								
7:30	2.0	6.7	0	88	46	535	6	86	102	42	194	
13:00 hrs	2.0	6.8	0	96	44	530		86				

INSTRUCCIONES REFORZAR LOS NALCO
RES DE CUBRO DEL AGUA
DE REPUESTO OBTENIDOS
POR LA SARTH Y POR LA
PTA DE TRATAMIENTO

AGUA DE CIRCULACION EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PARAMETROS LÍMITES	CLORO LIBRE 0.4-0.7	pH 7.5-8.0	S, O ₂ 165-180	CONDUCTIVIDAD 8000 MAX	ALCALINIDADES			CLORUROS 500	
					F	M	Mg		
TORRE 1									
7:30	0.0	6.5	145	2000	0	236	40	192	246
13:30	0.1	7.5	150	2050	0	232	62	196	252
TORRE 2									
7:30	0.1	7.1	156	1850	0	260	46	184	222
13:30	0.1	7.5	152	1950	0	262	60	186	226
TORRE 3									
7:30	0.3	7.5	162	1600	0	218	56	158	186
13:30	0.5	7.6	162	1750	0	220	60	160	190
TORRE 4									
7:30	0.4	AGUA DE POZO							
13:30	0.6								

INSTRUCCIONES TORRES 1 Y 2
CADA 4 HRS
1.5 Kg DE CALCAON OMSO
4 LTS DE NALCO 7102
TORRE 3
CADA 4 HRS
2.5 Kg DE CALCAON OMSO
4 LTS DE NALCO 7102
SEGUIR TOMANDO LOS
VALORES DE P.H. CON
VALOR INDICADOR CADA
3 HRS
LÍMITES
CLORO 0.4-0.7
S.O₂ 165-180
P.H. 7.0-8.0

OBSERVACIONES * VIGILAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DOSIFICADORA
DE CW 946 CONECTADO AL CABEZAL DE A.N.7

H9

INGENIERO DE TURNO O.A.	INGENIERO DE TURNO TARDE	INGENIERO DE TURNO NOCHE	INGENIERO DE PRUEBAS	INGENIERO DE LABORATORIO	INGENIERO QUIMICO	SUPERVISOR DE OPERACION	SUPERVISOR PLANTA
-------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------	-------------------

TERMoeLECTRICA ING. J. LUQUE L.

INFORME DIARIO DEL CONTROL QUIMICO DEL AGUA NEGRA TRATADA
PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

02.12.60
DIA MES AÑO

AGUA DE REPUESTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

LABORATORIO

PARAMETROS VALORES TÍPICOS cm	CLORO LIBRE 0.4-0.6	PH 7.0-7.7	ALCALINIDADES		S ₂ O ₄ 50 MAX	CONDUCTI- VIDAD 3000 maximo	PO ₄ 10	CLORUROS 200	CALCIO 375	MAGNESIO 44	DUREZA 800	SOLIDOS EN SUSPENSION 10-15
			F	M								
12.00 hrs	1.5	6.7	0	92	42	520	5	52	76	52	92.8	
13.00 hrs	1.5	6.7	0	90	43	520		52				

INSTRUCCIONES
 1. CLASIFICACION DE AGUA
 2. ANALISIS DE AGUA
 3. ANALISIS DE AGUA
 4. ANALISIS DE AGUA
 5. ANALISIS DE AGUA

AGUA DE CIRCULACION EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PARAMETROS LIMITE	CLORO LIBRE 0.4-0.7	PH 7.5-8.0	S ₂ O ₄ 185-180	CONDUCTIVIDAD 5000 MAX	ALCALINIDADES			CLORUROS 500		
					F	M	Hq			
TORRE 1	7:30	0.3	6.5	138	1750	0	222	35	132	200
	13:30	0.3	7.6	142	1950	0	247	58	182	218
TORRE 2	7:30	0.3	6.9	127	1600	0	186	36	152	138
	13:30	0.3	7.4	127	1850	0	210	44	176	196
TORRE 3	7:30	0.3	7.4	127	1750	0	252	52	198	222
	13:30	0.3	7.1	146	2020	0	272	62	204	240
TORRE 4	7:30	0.3								
	13:30									

INSTRUCCIONES
 1. CLASIFICACION DE AGUA
 2. ANALISIS DE AGUA
 3. ANALISIS DE AGUA
 4. ANALISIS DE AGUA
 5. ANALISIS DE AGUA
 6. ANALISIS DE AGUA
 7. ANALISIS DE AGUA
 8. ANALISIS DE AGUA
 9. ANALISIS DE AGUA
 10. ANALISIS DE AGUA
 11. ANALISIS DE AGUA
 12. ANALISIS DE AGUA
 13. ANALISIS DE AGUA
 14. ANALISIS DE AGUA
 15. ANALISIS DE AGUA
 16. ANALISIS DE AGUA
 17. ANALISIS DE AGUA
 18. ANALISIS DE AGUA
 19. ANALISIS DE AGUA
 20. ANALISIS DE AGUA

OBSERVACIONES - * VIGILAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA POSICIONADA DE CALOR CARGA COLECTADA AL CAPEZAL DE ANI. 90

INGENIERO DE TURNO DIA	INGENIERO DE TURNO TARDE	INGENIERO DE TURNO NOCHE	INGENIERO DE CALIBRA	INGENIERO DE LABORATORIO	INGENIERO QUIMICO	INGENIERO DE DISTRIBUCION	SUPERINTENDENTE PLANTA
------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------	---------------------------	------------------------

TERMOCENTRAL ING. J. LUQUE L.

INFORME DIARIO DEL CONTROL QUIMICO DEL AGUA NEGRA TRATADA
PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

2011
DIA MES AÑO

AGUA DE REPUESTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO													LABORATORIO
PARAMETROS VALORES TÍPICOS DPM	CLORO LIBRE 0.4-0.6	PH 7.0-7.7	ALCALINIDADES		S ₂ O ₈ 90 MAX	COND. CTI VIGAD 5000 MAX	P.O. ₄ 10	CLORUROS 200	CALCIO 375	MAGNESIO 44	DUREZA 800	SOL. DOS EN SUSPENSION 10 15	INSTRUCCIONES
			F	M									
7:30													
12:00 hrs	1.5	6.6	0	102	46	630	8	76	102	42	144		
13:00 hrs	1.5	6.7	0	104	44	680	7						

AGUA DE CIRCULACION EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO											INSTRUCCIONES		
PARAMETROS LIMITE	CLORO LIBRE 0.4-0.7	PH 7.5-8.0	S ₂ O ₈ 185-180	CONDUCTIVIDAD 5000 MAX	ALCALINIDADES		CLORUROS						
					F	M							
TORRE 1	HORA												
	7:30	0.3	7.4	148	2180	0	338	64	218	334			
	13:30	0.3	7.5	156	2200	0	332	68	216	326			
TORRE 2	7:30	0.4	7.4	148	2000	0	326	64	218	280			
	13:30	0.3	7.2	158	2180	0	312	68	212	286			
TORRE 3	7:30	0.4	7.8	182	1650	0	104			210			
	13:30	0.4	7.7	156	1600	0	110			218			
TORRE 4	7:30	0.4	AGUA DE POZAS EN CIRCULACION										

OBSERVACIONES: * AGUA DE POZAS EN LA TORRE No 3 A las 11:45 hrs
se reanuda el servicio de agua de las torres

52

INGENIERO DE TURNO DIA	INGENIERO DE TURNO TARDE	INGENIERO DE TURNO NOCHE	INGENIERO DE PRUEBAS	INGENIERO DE LABORATORIO	INGENIERO QUIMICO	SUPERVISOR DE OPERACION	SUPERVISOR DE PLANTA
------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------	----------------------

TERMOELECTRICA ING. J. LUQUE L.

INFORME DIARIO DEL CONTROL QUIMICO DEL AGUA NEGRA TRATADA
PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

26 / 11 / 82
DIA MES AÑO

AGUA DE REPUESTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

LABORATORIO

PARAMETROS VALORES TÍPICOS DPM	CLORO LIBRE 0.4-0.6	PH 7.0-7.7	ALCALINIDADES		S ₂ O ₃ 90 MAX	CONDUCTI VIDAD 3000 max	PO ₄ 10	CLORUROS 200	CALCIO 375	MAGNESIO 44	DUREZA 800	SOLIDOS EN SUSPENSION 10-15	INSTRUCCIONES
			F	M									
7:30	0.9	6.6	0	104	46	680	6	70	82	38	120		INSTRUCCIONES 1. Mantener el nivel de agua en las torres. 2. Controlar la temperatura del agua. 3. Registrar los datos en el informe. 4. Mantener el pH entre 7.0 y 7.7. 5. Mantener la dureza por debajo de 800. 6. Mantener la conductividad por debajo de 3000. 7. Mantener el cloro libre entre 0.4 y 0.6. 8. Mantener el calcio por debajo de 375. 9. Mantener el magnesio por debajo de 44. 10. Mantener el sulfato por debajo de 90. 11. Mantener el fósforo por debajo de 10. 12. Mantener los sólidos en suspensión por debajo de 10-15.
13:00 hrs													

AGUA DE CIRCULACION EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PARAMETROS LIMTES	CLORO LIBRE 0.4-0.7	PH 7.5-8.0	S ₂ O ₃ 180-180	CONDUCTIVIDAD 8000 MAX	ALCALINIDADES				CLORUROS 500	INSTRUCCIONES	
					F	Ca	M	Mg			
TORRE 1	7:30	0.2	7.5	167	2350	0	356	66	296	392	INSTRUCCIONES 1. Mantener el nivel de agua en las torres. 2. Controlar la temperatura del agua. 3. Registrar los datos en el informe. 4. Mantener el pH entre 7.5 y 8.0. 5. Mantener la dureza por debajo de 800. 6. Mantener la conductividad por debajo de 8000. 7. Mantener el cloro libre entre 0.4 y 0.7. 8. Mantener el calcio por debajo de 375. 9. Mantener el magnesio por debajo de 44. 10. Mantener el sulfato por debajo de 90. 11. Mantener el fósforo por debajo de 10. 12. Mantener los sólidos en suspensión por debajo de 10-15.
	13:30	0.2	7.6	163	2380	0	326	74	302	386	
TORRE 2	7:30	0.2	7.7	195	1950	0	246	74	230	280	INSTRUCCIONES 1. Mantener el nivel de agua en las torres. 2. Controlar la temperatura del agua. 3. Registrar los datos en el informe. 4. Mantener el pH entre 7.5 y 8.0. 5. Mantener la dureza por debajo de 800. 6. Mantener la conductividad por debajo de 8000. 7. Mantener el cloro libre entre 0.4 y 0.7. 8. Mantener el calcio por debajo de 375. 9. Mantener el magnesio por debajo de 44. 10. Mantener el sulfato por debajo de 90. 11. Mantener el fósforo por debajo de 10. 12. Mantener los sólidos en suspensión por debajo de 10-15.
	13:30	0.2	7.6	148	2100	0	247	79	212	254	
TORRE 3	7:30	0.2	AGUA DE PISO								INSTRUCCIONES 1. Mantener el nivel de agua en las torres. 2. Controlar la temperatura del agua. 3. Registrar los datos en el informe. 4. Mantener el pH entre 7.5 y 8.0. 5. Mantener la dureza por debajo de 800. 6. Mantener la conductividad por debajo de 8000. 7. Mantener el cloro libre entre 0.4 y 0.7. 8. Mantener el calcio por debajo de 375. 9. Mantener el magnesio por debajo de 44. 10. Mantener el sulfato por debajo de 90. 11. Mantener el fósforo por debajo de 10. 12. Mantener los sólidos en suspensión por debajo de 10-15.
		0.2									
TORRE 4	7:30	0.2	AGUA DE PISO								INSTRUCCIONES 1. Mantener el nivel de agua en las torres. 2. Controlar la temperatura del agua. 3. Registrar los datos en el informe. 4. Mantener el pH entre 7.5 y 8.0. 5. Mantener la dureza por debajo de 800. 6. Mantener la conductividad por debajo de 8000. 7. Mantener el cloro libre entre 0.4 y 0.7. 8. Mantener el calcio por debajo de 375. 9. Mantener el magnesio por debajo de 44. 10. Mantener el sulfato por debajo de 90. 11. Mantener el fósforo por debajo de 10. 12. Mantener los sólidos en suspensión por debajo de 10-15.
		0.6									

OBSERVACIONES _____

INGENIERO DE TURNO DIA	INGENIERO DE TURNO TARDE	INGENIERO DE TURNO NOCHE	INGENIERO DE PRUEBAS	INGENIERO DE LABORATORIO	INGENIERO QUIMICO	SUPERINTENDENTE DE OPERACION	SUPERINTENDENTE PLANTA
------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------	------------------------------	------------------------

C O N C L U S I O N E S

En resumen los principales problemas que se presentan para llevar a cabo el programa de mantenimiento en la Termoeléctrica son los siguientes:

a) Utilizando Agua Residual Tratada para su sistema de enfriamiento en sus cuatro unidades.

El funcionamiento de este proceso es vigilar tanto los parámetros del agua como todo su equipo sin dificultad para mantener los valores correctos de operación tales como temperatura, presión, niveles y flujos.

Como se dijo anteriormente, el efecto de la concentración es muy dañino, ya que al aumentar la cantidad de sólidos disueltos se aumenta la conductibilidad. También los cloruros aumentan proporcionalmente con los sólidos disueltos. Estos dos factores favorecen fuertemente la corrosión, además que también aumenta la concentración de las sales de calcio y magnesio favoreciendo su precipitación en una forma incrustante y si la alcalinidad del agua es grande también el hidróxido de magnesio se precipitará:

Las incrustaciones más comunes encontradas en este sistema son las de carbonato y sulfato de calcio, y si el agua tiene -- concentraciones altas de sílice es fácil encontrar silicatos en las incrustaciones.

Todos estos problemas se van acumulando paulatinamente en un determinado tiempo es necesario poner fuera de servicio el proceso. Con el objeto de llevar a cabo una reparación más intensa.

Cuando se lleva a cabo un mantenimiento general de cualquiera de las unidades del sistema de enfriamiento se hace un gasto bastante elevado, al efectuar una limpieza de los condensadores, enfriadores de hidrógeno, aceite y torres de enfriamiento, ya sea mecánicamente o químicamente.

A consecuencia de esto se llegó a la conclusión de llevar un control estrictamente vigilando sus parámetros del agua y sus acondicionamientos dependiendo dichos análisis para cada una de sus unidades en la Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque L."

SOLO LECTURA

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

- 1.- Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Departamento de Sa-
nidad del Estado de Nueva York. Editorial Limusa, S. A. --
1983.
- 2.- Industrial Water Treatment Practice. Philip Hamer Reprodu-
ced Corporation Calgon. 1963.
- 3.- Manual de Aguas y su naturaleza. Tratamiento y Aplicación.
Nalco Chemical Company.
- 4.- Métodos Estandar para el Examen de AGUAs y Desechos APHA, _
AWWA y WPCF; II 1a. Edición.
Editorial Interamericana, S. A. 1963.
- 5.- Manual de Tratamiento de Agua. Drew.
- 6.- Instructivos, Folletos y Catálogos --- Varios.
- 7.- Apuntes de la Planta Termoeléctrica "Ing. Jorge Luque L."
- 8.- Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Re-
siduales. Tomo 2. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residua
les. Fair Geyer y Okun.
- 10.- Acondicionamientos de Aguas para la Industria.
Sheppard T. Powell. Editorial Limusa. 1966.
- 11.- Corrosion and Corrosion Control. Uhlig second.
Edition Wiley Herbert H. Uhlig.
- 12.- Ensayos de Corrosión. F. A. Champion
Urmo, S. A. de Ediciones.