

10
2ej

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**ACTUALIZACION DE LA FILOSOFIA OPERACIONAL
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE
LA REFINERIA MIGUEL HIDALGO**

TESIS MANCOMUNADA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
PRESENTAN**

**VICTOR BALDERRABANO HERNANDEZ
FILEMON CERVANTES RODRIGUEZ**

MEXICO, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

I) INTRODUCCION.

II) GENERALIDADES.

2.1) Agua y su composición	7
2.2) Fuentes de abastecimiento	10
2.3) Impurezas	10
2.4) Determinaciones que deben efectuarse en --- aguas crudas	14
2.5) Descripción general del proceso	20

III) ABASTECIMIENTO DE AGUA CRUDA Y PLANTA DE- PRETRATAMIENTO.

3.1) Abastecimiento de agua cruda	
3.1.1) Descripción y estado actual del sistema- de suministro de agua cruda	26
3.1.2) Características de pozos y equipo instala- do	26
3.1.3) Características del equipo instalado en la estación de rebombeo	28
3.1.4) Balance de agua cruda	30
3.2) Pretratamiento	
3.2.1) Descripción	32
3.2.2) Procesos de ablandamiento de agua por - medio de productos químicos	35
3.2.3) Tratador-floculador	39

3.2.4) Modificaciones para aumentar la calidad y capacidad del reactor floculador	49
3.2.5) Condiciones actuales de operación	51
3.2.6) Equipo	53
3.2.7) Materias primas	53
3.2.8) Datos de diseño	56
3.2.9) Pasos a seguir para el retrolavado de un filtro de arena	58

IV) PLANTA DESMINERALIZADORA.

4.1) Descripción	65
4.2) Proceso de desmineralización	66
4.3) Calidad de agua de entrada	72
4.4) Corrida del servicio	74
4.5) Datos de operación de cationes fuertes y aniones	83
4.6) Operaciones de la planta desmineralizadora .	87
4.7) Operación de unidades catiónicas y aniónicas.	91
4.8) Planta pulidora de agua desmineralizadora ..	112
4.9) Integración del anión No. 5 de la planta desmineralizadora	117

V) POTABILIZADORA.

5.1) Descripción	124
5.2) Filtros de carbón activado	124
5.3) Datos de operación de filtros purificadores..	126

VI) PLANTA NEUTRALIZADORA.

6.1) Descripción	132
6.2) Partes integrantes de las fosas	132

VII) TRATAMIENTO DE CONDENSADOS.

7.1) Descripción	139
7.2) Tratamiento condensado aceitoso	140
7.3) Tratamiento de condensado limpio	144

VIII) TORRES DE ENFRIAMIENTO.

8.1) Descripción y estado actual de las torres de enfriamiento	150
8.1.1) Características de diseño comparadas con las condiciones de operación	152
8.1.2) Índice de Langelier	153
8.1.3) Equipo mecánico	155
8.1.4) Ciclos de concentración	157
8.2) Contaminaciones de las torres.....	
8.2.1) Tipo de contaminación	158
8.2.2) Sistemas de localización y eliminación de las contaminaciones	159
8.2.3) Consecuencias de las contaminaciones.	159
8.3) Tratamientos del agua de circulación	
8.3.1) Tratamientos biológicos	160
8.3.2) Tratamientos contra la corrosión y/o incrustación	161

8.4) Cálculos	163
---------------------	-----

IX) CALDERAS

9.1) Definición	167
9.2) Clasificación	168
9.3) Descripción de los generadores de vapor de la- Refinería	168
9.4) Tratamiento interno de agua a calderas	
9.4.1) Descripción de tratamientos utilizadas y - de los sistemas de dosificación	173
9.4.2) Consumo de reactivos	175
9.4.3) Equipo y lugar de dosificación de reacti- vos	175

X) BALANCE DE TRATAMIENTOS DE AGUAS (CALCULOS)

10.1) Cálculo de materias primas para la planta -- de pretratamiento	181
10.2) Consumo de reactivos	183
10.3) Balance	184
10.4) Cálculos de torres de enfriamiento	
10.4.1) Cálculos para la dosificación de ---- inhibidor de corrosión	185
10.4.2) Cálculos del índice de Langeller o ín dice de saturación	186
10.4.3) Índice de estabilidad	187

XI) CONTROL QUIMICO.

11.1) Límites actuales para las distintas corrientes - de agua	188
---	-----

11.2) Revisión de los métodos analíticos para las distintas corrientes de agua	189
11.3) Determinación de CO ₂ (ASTM-D-513-7) ...	197
11.4) Determinación del contenido de hidrazina - (ASTM-D-1386-67)	198
11.5) Determinación de la alcalinidad (ASTM-D-1067-70)	199
11.6) Determinación de sulfitos (ASTM-D-1334--72)	201
11.7) Determinación de aceites y grasas en aguas (API 733-58)	202
11.8) Determinación de sólidos totales disueltos - (ASTM-D-859-68)	204
11.9) Determinación de sulfatos (ASTM-D-516-68)	205
11.10) Determinación de dureza total (ASTM-D-1126-67)	206
11.11) Determinación de sílice, rangos altos (ASTM D-859-68)	208
11.12) Determinación de sílice, rangos bajos (ASTM D-859-68)	209
11.13) Determinación de la turbidez con turbidímetro Hellge (ASTM-D-859-68)	210
11.14) Determinación de fosfatos (ASTM-D-515-72)	210
11.15) Determinación de Nalcool 7350 en aguas de retorno a torres de enfriamiento. (método nalco)	212
11.16) Determinación de cloruros (ASTM-D-512-67)	213
11.17) Determinación de zinc soluble en aguas de retorno en torres de enfriamiento (método nalco)	214

11.18) Determinación de oxígeno disuelto en agua API 724-53)	215
11.19) Determinación de la acidez mineral libre (ASTM D-1067-70)	218

XII) TURBOGENERADORES.

12.1) Descripción	220
12.2) Características de los turbogeneradores instalados en la Refinería Miguel Hidalgo.....	220
12.3) Corrosión y depósitos en turbinas de vapor ..	223
12.3.1) Corrosión en paros y por presencia - de humedad	223
12.3.2) Corrosión por erosión	224
12.3.3) Corrosión por esfuerzos debida a una descomposición térmica	226
12.4) Depósitos en los álabes de las turbinas	227
12.5) Remoción de los depósitos del empaletado ...	229
Conclusiones	232
Bibliografía	235

D) INTRODUCCION

La refinería de Tula "Miguel Hidalgo" fue proyectada para procesar petróleo crudo procedente de los campos del sur del Estado de Veracruz, de Tabasco y de Chiapas. El cual se bombea por un oleoducto de 24"φ con capacidad total de ----- 280,000 B/D de los cuales 130,000 B/D van a la refinería de Salamanca, Gto., y el resto a esta refinería por un ramal de 20"φ localizado en las cercanías de la población de Juandhó, Estado de Hidalgo.

Esta carga es distribuida y procesada en las diferentes plantas aquí montadas, como son: planta de destilación -- combinada, planta reductora de viscosidad, planta catalítica fluida, planta hidrodesulfuradora de gasolina, y otras.

Para la operación de las diferentes plantas antes mencionadas, es necesario el servicio del agua, ya sea como tal ó como vapor. El agua juega un papel muy importante para estos fines. Sin embargo se ha visto que las impurezas del agua son causa de problemas en los equipos de evaporación, calentamiento, enfriamiento, etc., ocasionando incrustaciones o corrosiones que a su vez originan pérdidas de eficiencia y fallas de los equipos con los consiguientes paros costosos al tener que efectuar, cambios de piezas, limpiezas o reparaciones y en algunos casos las consecuencias pueden ser fatales para el personal que opera los

equipos.

Es por esto que se hace necesario la eliminación de estas impurezas mediante un método adecuado y económico que es lo que constituye el tratamiento del agua. Por tal motivo el presente estudio se ha realizado con el fin de proporcionar la información posible para el conocimiento de los diferentes pasos que sufre el agua en su tratamiento para ser usada en varios procesos en la refinería de Tula. Además se busca con este trabajo actualizar la filosofía operacional de las plantas de tratamiento de agua que han sufrido los siguientes cambios:

- La construcción de la zona de rebombeo en Teocalco, Hgo.
- Las modificaciones de la planta de pretratamiento, para aumentar su capacidad, así como su calidad.
- La integración de las unidades de cationes débiles y del anión No. 5 en la planta desmineralizadora.
- La recuperación de efluentes de la planta desmineralizadora en las fosas de neutralización.

Con la construcción de la estación de bombeo, se cuenta con una capacidad de agua de repuesto de 9.540 m^3 , al contarse con 2 tanques de balance de $4,770 \text{ m}^3$ c/u, presentando una ventaja con respecto a como se encontraba en un principio, ya que antes se bombeaba el agua directamente de cada uno de los pozos hacia los tanques de agua cruda TAC-1 y TAG-2, localizados en la planta de pretratamiento, proporcionando de esta manera un flujo constante para los requerimientos de la Refinería.

Con las modificaciones realizadas a la planta de pretratamiento, se está obteniendo un aumento en la capacidad de 450 T/Hr a 490 T/Hr. de agua pretratada, manteniendo este flujo constante a diferencia de el flujo que se obtenía antes de las modificaciones. Por otra parte se logró mantener la dureza total entre 90 y 100 ppm, a diferencia de la dureza total que se obtenía de 120 a 170 ppm.

Por medio de la modificación efectuada en el anión No. 5 se está obteniendo un aumento en el flujo de agua de cationizada de 60 Gal/min. Por otra parte se mejora la regeneración de la Resina y se reduce el contenido de sílice hasta valores menores de 0.1 ppm.

Con la recuperación de los efluentes de la planta desmineralizadora en las fosas de neutralización, se está evitando el enviarlos al drenaje químico y de este al Río Tula, y -- por otra parte se está aprovechando el ácido sulfúrico diluido, - que llega a estas fosas en la regeneración de las unidades catiónicas para ser utilizado en las torres de enfriamiento para el control químico interno del agua de éstos. Ahorrando de esta manera el consumo de ácido diluido para tal fin.

II) GENERALIDADES

TRATAMIENTO DE AGUA

2.1) Agua y su Composición.

El agua como se encuentra en la naturaleza, no es totalmente pura, si así fuera no serían necesarios los análisis de agua ni los tratamientos para acondicionarla a los usos a que se destina. Cualquiera que sea su origen, el agua siempre contiene impurezas en solución o en suspensión. La determinación de estas impurezas constituye el análisis químico de las aguas y el control de ellas, constituye el tratamiento de aguas.

El agua pura es inodora, incolora y sin sabor. Es un compuesto químico expresado por la fórmula H_2O y está formada por 11.1% mol ó peso de hidrogeno y 88.9% mol ó peso de oxígeno combinado químicamente. Sin embargo, debido a que es un solvente casi universal, prácticamente todas las sustancias son solubles en agua en cierto grado.

2.2) Fuentes de Abastecimiento.

Las fuentes de agua se pueden clasificar en:

2.2.1) Aguas de Mar.

2.2.2) Aguas de Lluvia.

2.2.3) Aguas Superficiales (de ríos, lagunas, lagos y depósitos improvisados).

2.2.4) Aguas Subterráneas (de manantiales, pozos poco profundos, y pozos profundos).

El agua de lluvia, debería estar libre de contaminantes, pero a medida que se aproxima la superficie terrestre va contaminándose con gases atmosféricos (O_2 , N_2 , CO , CO_2) y humos en suspensión, así como de microorganismos, polvo, etc., que normalmente se encuentran en la atmósfera.

Cuando comienza su proceso de percolación a través de las capas superficiales, absorbe más CO_2 , formando el hipotético H_2CO_3 , ocasionando un incremento en su potencia solvente y por lo tanto, disolverá los compuestos inorgánicos y orgánicos constituyentes de las diferentes capas, por las cuales atraviesa y que serán los que le confieran las características con que finalmente se le encuentre.

Las aguas superficiales están constituidas en su mayor parte por el agua de lluvia, de aquí que los contaminantes que la impurifiquen sean las características de las diferentes zonas por las que atraviesa. Las aguas de estanque son susceptibles de purificarse a si mismas cambiando su cali-

dad, debido sobre todo al reposo parcial a que están sujetas.

El agua de mar presenta las más altas concentraciones de sólidos disueltos y materia orgánica, de aquí que su uso esté limitado, debido al alto costo de tratamiento, - pues los métodos de evaporación instantánea requieren en la actualidad de enormes inversiones, haciendo que su uso sea muy limitado.

Las aguas del subsuelo provenientes de pozos poco profundos pueden ser blandas o duras, dependiendo de la composición del área que les rodea. La filtración natural, hace que éstas aguas estén relativamente libres de turbidez y de materia orgánica. Este tipo de agua, generalmente es más blanda que el agua de pozo profundo, pues ésta tiene una alta concentración de sólidos disueltos.

En general el agua del pozo es clara e incolora, no así el agua de manantiales que generalmente es afectada por los contaminantes normales de la superficie.

El agua de superficie (ríos, lagos, etc.), generalmente tiene temperaturas acordes con la época del año, en cambio el agua de pozos, se encuentra aproximadamente medio-grado centígrado por cada 64 pies de profundidad arriba de la -

temperatura promedio anual del aire.

2.3. Impurezas

Las impurezas que pueden estar presentes en el agua, pueden dividirse en sólidos en suspensión, sólidos disueltos y gases disueltos.

Los sólidos en suspensión son los que no se disuelven en el agua y pueden ser eliminados por medio de filtración, por ejemplo: arena, arcilla, etc.

Los sólidos disueltos como su nombre indica, son compuestos que se encuentran disueltos en el agua y que no pueden separarse por filtración. Ejemplo: La presencia de dureza o de cloruros en el agua.

Los gases pueden estar disueltos en el agua y se pueden eliminar por ebullición de ésta.

Todas estas impurezas del agua natural ó cruda son causa de dificultades, de más o menos importancia, por lo que se hace necesario determinar su concentración para posteriormente eliminarlas mediante un tratamiento adecuado.

A continuación se enlistan las impurezas más comunes en las aguas crudas y se mencionan los problemas a que

dan origen.

1. **TURBIEDAD:** Le imparte apariencia desagradable al agua. Forma depósitos en las líneas, equipos de proceso, calderas, -- etc. Es causa de interferencias en la mayoría de los procesos.
2. **COLOR:** Puede causar espuma en las calderas. Estorba a los métodos de precipitación de otros compuestos.
3. **DUREZA:** Constituida por las sales de -- calcio y magnesio, es la causa principal de las incrustaciones en equipos de intercambio de calor, calderas, líneas de alimentación, etc.
4. **ALCALINIDAD:** Formada por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, contribuye a la formación de espuma en agua -- de calderas y a los arrastres de sólidos con el vapor. Causa de fragilización del metal. Los bicarbonatos y carbonatos --

forman gas carbónico (CO_2) que es una fuente de corrosión.

5. **ACIDEZ MINERAL:** Producida por los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico, es causa de corrosión.
6. **GAS CARBONICO (CO_2):** Es causa de corrosión en líneas de vapor, y de condensado.
7. **SULFATOS:** Incrementan el contenido de sólidos disueltos del agua. Combinado con el calcio forma incrustación de sulfato de calcio.
8. **CLORUROS:** Incrementan el contenido de sólidos disueltos del agua y aumenta su carácter corrosivo e incrustante.
9. **NITRATOS:** Incrementan los sólidos disueltos; pero no es de mucha significación.
10. **SILICE:** Produce incrustaciones en calderas y sistemas de enfriamiento. Produce

depósitos en los álabes de las turbinas, -
por vaporización junto con el vapor de -
agua.

11. FIERRO: Causa depósitos en líneas de --
agua y en calderas. Ataca las resinas de
intercambio iónico.
12. MANGANESO: Causa depósitos en líneas -
de agua y en calderas. Ataca las resinas
de intercambio iónico.
13. ACEITE: Produce incrustaciones, lodos y
espumas en calderas. Impide el intercam
blo de calor actuando como aislante.
14. OXIGENO: Causa corrosión del metal en-
calderas, calentadores, líneas de conden
sado, etc.
15. ACIDO SULFHIDRICO: Produce olor fétid-
do al agua. Causa corrosión.
16. AMONIACO: Causa corrosión de las alea-
ciones de cobre y zinc por formación de-
complejos solubles.

17. **SOLIDOS DISUELTOS:** Es la medida de la cantidad total de materia disuelta. Una alta concentración de sólidos disueltos, es perjudicial debido a que produce espuma en agua de calderas, favoreciendo los arrastres.

18. **SOLIDOS EN SUSPENSION:** Es la medida de la cantidad total de materia insoluble. Causa obstrucción de las líneas de agua, depósitos en calderas y equipos de intercambio de calor.

19. **MATERIA ORGANICA:** Produce corrosión, depósitos y espuma en calderas. Contamina las resinas de intercambio iónico.

2.4. Determinaciones que deben efectuarse en aguas crudas.

De acuerdo con las impurezas contenidas en un agua cruda, es necesario valorar su contenido mediante un análisis químico cualitativo y cuantitativo. Sus principales constituyentes son las materias minerales disueltas, las cuales se clasifican en elementos con carga eléctrica positiva llamados Cationes-

y elementos con carga eléctrica negativa denominadas Aniones.

Cationes: Los cationes que comunmente se encuentran en el agua son el Calcio, Magnesio y el Sodio, los cuales están combinados formando sales con los aniones. Otros cationes que pueden existir en el agua en menor proporción, son el fierro y el manganeso.

Aniones: Los aniones comunmente presentes son los bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y en aguas contaminadas los nitritos.

La sílice es también otro anión que se encuentra siempre en las aguas en forma de silicatos solubles y en ocasiones en estado coloidal.

Gases: Los gases que se encuentran en el agua cruda son el bióxido de carbono, el oxígeno y el nitrógeno. En algunas ocasiones contiene gas sulfhídrico y metano.

Concentraciones.

En el análisis de un agua es necesario determinar la presencia de estas substancias las que se encuentran en cantidades extremadamente pequeñas. Es por esta razón que el resultado de un análisis de agua se expresa en partes por millón

(p. p. m.) en vez de expresarlo en porcentaje.

Una parte por millón significa una parte de la -- substancia en un millón de partes de agua, independientemente de la unidad de peso empleada, por ejemplo: un gramo en millón de gramos, 1 libra en un millón de libras, etc. Considerando que la densidad del agua es igual a $1\text{g}/\text{cm}^3$ se puede expresar una parte por millón como: un miligramo por litro ó como un gramo por metro-cúbico.

Determinaciones.

Para llevar a cabo un análisis de agua cruda es necesario efectuar las siguientes determinaciones:

1. Dureza Total: Con esta determinación se obtiene el contenido total de Calcio y --- Magnesio, reportado en partes por millón de Carbonato de Calcio (p. p. m. de ----- CaCO_3).
2. Dureza de Calcio: Se obtiene exclusivamente el contenido de Calcio expresándolo en p. p. m. de CaCO_3 . La diferencia de la -- Dureza Total menos la Dureza del Calcio nos da el contenido de Magnesio como -- CaCO_3 en p. p. m.

3. Alcalinidad : Mediante esta determinación se obtiene el valor de los aniones alcalinos (bicarbonatos y carbonatos) mediante la neutralización total con una solución valorada de ácido (sulfúrico o clorhídrico) aprovechando la propiedad de dos sustancias indicadoras denominadas Fenolftaleína y Anaranjado de Metilo, de cambiar el color al pasar de un medio alcalino a un medio ácido o viceversa.

Por esta razón estas determinaciones se llaman Alcalinidad a la Fenolftaleína y Alcalinidad al Anaranjado de Metilo.

4. Cloruros: Los aniones que se determinan normalmente en un agua cruda además de los bicarbonatos y carbonatos son los cloruros, los cuales se encuentran combinados en forma de cloruro de sodio ó en forma de cloruros de calcio y magnesio constituyendo en estos últimos casos junto con los sulfatos, de calcio y de magnesio, la dureza permanente del agua y dureza de no carbonatos.
5. Sulfatos: Este anión se encuentra combinado en la misma forma que los cloruros.

6. **Nitratos:** Es un anión que se encuentra generalmente en muy baja concentración en el agua (0 a 5 p.p.m. aproximadamente), y como prácticamente -- no produce ningún efecto perjudicial, rutinariamente no se determina más que para fines especiales de cálculo.
7. **Sílice:** Esta determinación es muy importante en vista de que este compuesto produce incrustaciones muy duras y adherentes al metal, por efectos de calentamientos.
8. **Gas Carbónico:** El gas carbónico disuelto en el -- agua también se determina en un análisis rutinario de agua.
9. **Sólidos Totales:** Los sólidos totales del agua se -- determinan por evaporación. Si previamente se filtra el agua se obtienen únicamente los sólidos disueltos.
10. **Conductividad:** Se hace uso de la propiedad de las sustancias disueltas de conducir la corriente -- eléctrica para medir su conductividad y relacionarla posteriormente a la cantidad de sólidos di-

suelos.

11. pH: Es una determinación muy importante para precisar el grado de acidez ó alcalinidad de un agua. Se expresa en unidades del 0 al 14. Un pH de 7, corresponde a un agua neutra, valores menores de 7 denotan acidez y arriba de 7, indican alcalinidad.

Por definición el pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones Hidrógeno en el agua. El producto de la concentración de iones Hidrógeno (H^+) y Oxhidrilos (OH^-) como se disocia el agua, es 1×10^{-14} . Cuando la concentración de iones Hidrógeno cambia, también cambia la concentración de iones OH^- en proporción y en dirección opuesta, de tal manera que el producto de las dos concentraciones siempre es 1×10^{-14} . El valor del pH es el exponente de la concentración de iones Hidrógeno sin el signo negativo.

Un pH de 6 (-ácido) es 10 veces más ácido que el pH 7 (neutro), y la concentración de iones H^+ es de 0.000001 grs. de H^+ por litro, igual a 1×10^{-6} .

Ciertas sales hacen cambiar estas concentraciones, de allí que algunas tengan carácter ácido y otras alcalino.

2.5) Descripción General del Proceso

El agua cruda se obtiene de 11 pozos, localizados en el trayecto de la carretera Tlahuelliapan-Tula y la Vía F. F. C. C., México-Laredo. El agua llega a la refinería mediante un acueducto de 24" ϕ y 16 km. de longitud, con una capacidad total de 3630 m³/Hrs. se envía a la refinería donde se hacen los siguientes tratamientos:

Pretratamiento.

Consiste en la floculación realizada por medio de un precipitador, pasando posteriormente a filtración en lechos de arena, también se cuenta con un conjunto de tanques para dosificación de cal, sulfato de aluminio y polielectrolito. La dosificación de cloro se lleva a cabo desde un cobertizo de bombeo. El efluente es almacenado en una cisterna, de aquí el agua pretratada se lleva a la planta desmineralizadora y potabilizadora. (Ver figura 2.1).

Potabilización. - Actualmente se aprovecha el agua pretratada, la cual se hace pasar a través de filtros de carbón activado clorándose a la salida de filtros.

Dicha planta cuenta con una capacidad nominal de 57 m³/hr.

Desmineralización. - Comienza con la llegada de agua clorada y filtrada a las unidades catiónicas.

Los intercambiadores catiónicos reciben el agua pretratada pasandola a través de la cama de resina de arriba hacia abajo. Los componentes catiónicos de sales minerales, sodio calcio y magnesio son removidos y el ion hidrógeno es sustituido en su lugar. Los bicarbonatos y la sílice se convierten en ácido carbónico y ácido salicílico. El ácido carbónico se descompone formando CO_2 y H_2O por lo que el agua se lleva a una torre descarbonatadora para eliminarle el CO_2 por medio del aire que se hace fluir y se envía a una cisterna.

Posteriormente el agua se envía a las unidades aniónicas, con éstos se removerán los ácidos minerales libres, los iones hidrógeno e hidróxido libres se combinan para formar agua químicamente pura, y por último el agua se envía a una cama mixta de resinas de intercambio iónico (catiónica y aniónica) produciéndose así agua pulida.

El agua desmineralizada se envía a calderas de alta presión, siendo desaerada por medio de vapor en dos desaeradores de 453.6 Ton./Hr., de capacidad de donde se distribuye a cuatro calderas de alta presión que operan paralelamente.

te a una presión de 60 kg/cm^2 y 900°F con una capacidad de --
200 Tn/Hr cada una. El tratamiento interno de estas calderas, -
consisten en la dosificación de hidraxina, sulfito de sodio y fos-
fato de sodio.

Planta de Neutralización. - En esta planta se re-
cuperan los efluentes de la planta de desmineralización. Ya que
cuando se realiza la regeneración de cationes ó aniones, en las
etapas de inyección ácido obásica y el desplazamiento, el efluen-
te obtenido en estas operaciones se mandan a las piletas de so-
lución ácida obásica según correspondan para darle el tratamien-
to de neutralización.

Planta de Condensados. - Los condensados de va-
pores excedentes se llevan a un solo-aire de $93 \text{ m}^3/\text{Hr}$ de capa-
cidad. El condensado obtenido es tratado en una planta de trata-
miento de condensados aceitoso de 227 m^3 . Se cuenta con dos --
tanques de condensado aceitoso (TV-530 y TV-510) de 1590 m^3 -
y otro de condensado limpio de la misma capacidad (TV-511).

Turbogeneradores. - La energía eléctrica es ge--
nerada por un sistema de 2 turbogeneradores, marca SIEMENS,
accionado por vapor de 850 lb/pulg^2 , su capacidad total es de -
50000 kw a un voltaje de 13800 volts; siendo esta capacidad su-

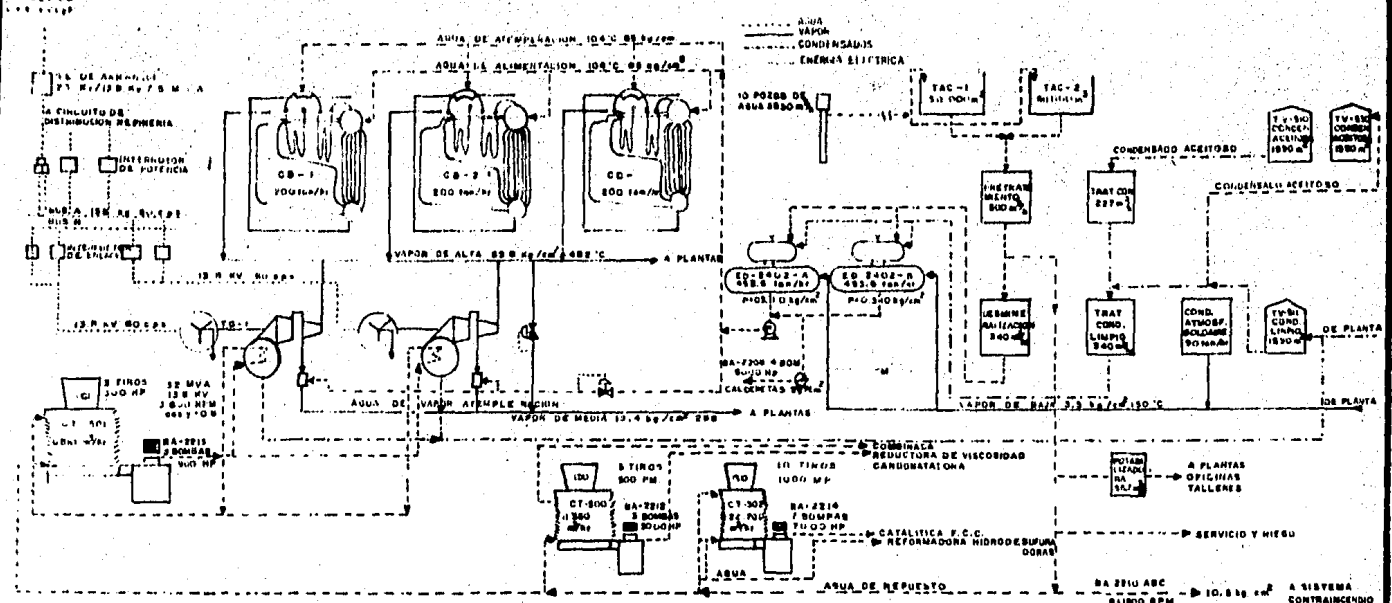
ficiente para el consumo de la refinería. Para su distribución se cuenta con 9 sub-estaciones con alimentación doble para la confiabilidad del servicio.

Enfriamiento. - Se cuenta con tres torres de enfriamiento de 11500 m³/Hr, 6,900 m³/Hr y 23000 m³/Hr respectivamente de capacidad. Se les da tratamiento con H₂SO₄, aditivo IMP-TE-I-I y cloro.

Para el servicio de contraincendio se cuenta con sistemas para aportar hasta 5000 GPM de agua y con las facilidades de drenaje para manejar ese volumen de agua.

VER FIGURA 2.1

FIGURA 2.1



**III) ABASTECIMIENTO DE AGUA CRUDA Y PLANTA DE
PRETRATAMIENTO**

3.1) ABASTECIMIENTO DE AGUA CRUDA.

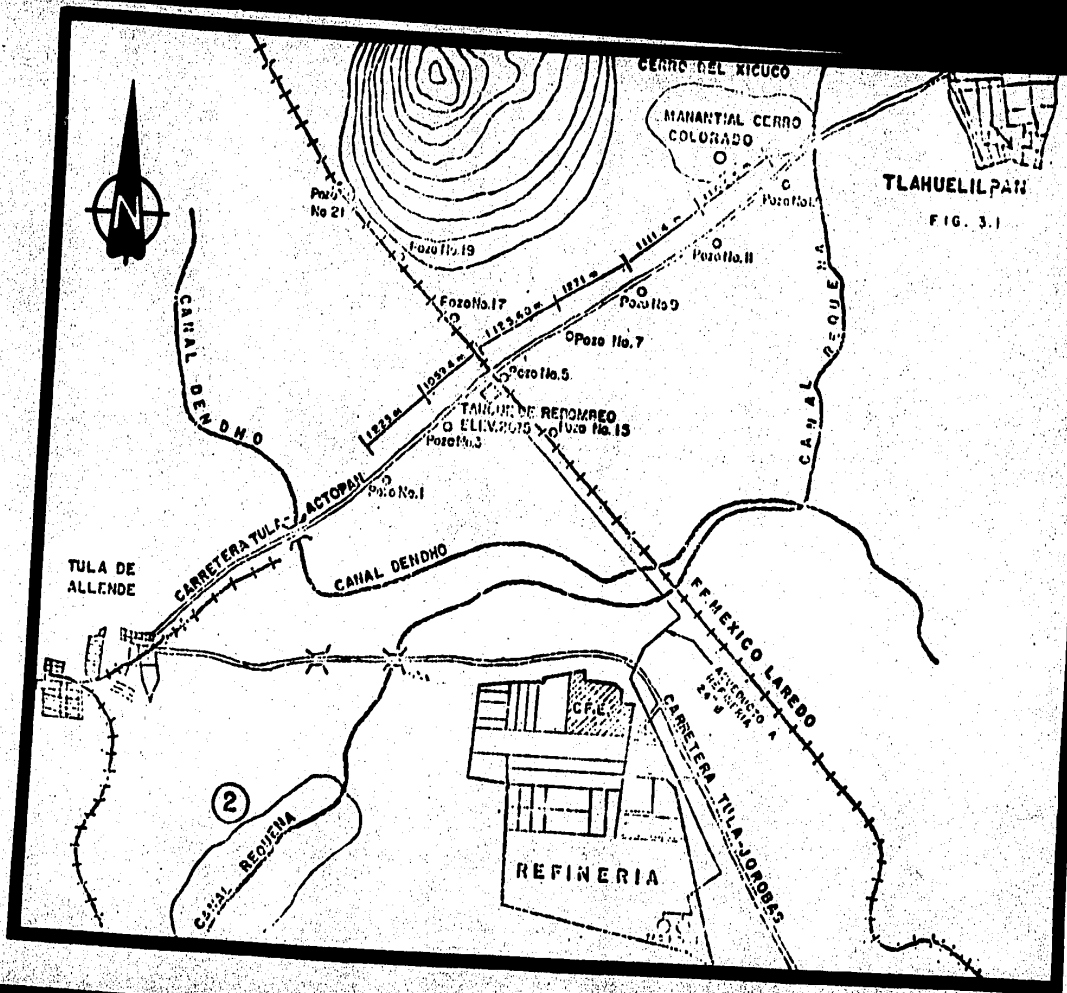
3.1.1. - Descripción y Estado Actual del Sistema de Suministro de Agua Cruda.

El abastecimiento de agua cruda para la Refinería se obtiene de un sistema de pozos profundos localizados en el trayecto de la Carretera Tlahuelliapan-Tula y la Vía F.C.C. México - Laredo y llega a la Refinería mediante un Acueducto de 24" ϕ y 16 km de longitud. (Figura 3.1).

Actualmente se tienen perforados un total de 11 pozos, de los cuales normalmente se requieren 5 para satisfacer la demanda, estos pozos descargan en dos tanques de balance localizados en la Estación de Rebombeo, de los cuales succiona el equipo de bombeo que envía agua al Acueducto que llega a los tanques de almacenamiento de la Refinería.

3.1.2 Características de los Pozos y Equipo Instalado.

No. Actual de Pozos Perforados	11
No. de Pozos operables.	9
Profundidad Promedio.	400 m.



Nivel Estático Promedio	18 m.
Nivel Dinámico.	Variable
Equipo: Motobomba Sumergida.	
Tipo Bomba: Centrífuga Vertical de 2 pasos	
Presión de descarga.	3.5 Kg/cm ²
Gasto Nominal.	360 m ³ /Hr.
Potencia Motor	250 HP.
Tensión Nominal.	480 V.

3.1.3. - Características del Equipo Instalado en la Estación de -
Rebombeo.

2 Tanques de Balance con Capacidad de. 4,770 m³/ c/u

5 Bombas Centrífugas Horizontales.

Gasto Nominal de cada Bomba. 908 m³/H.

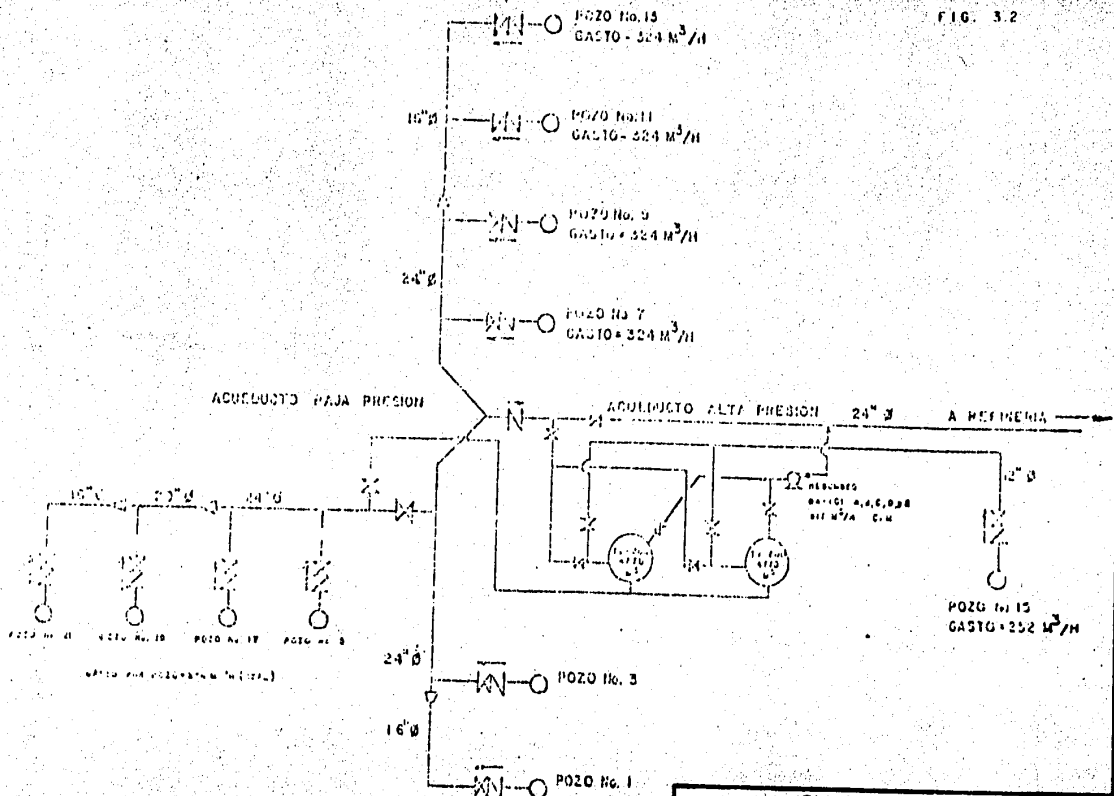
Presión de Descarga. 32 Kg/cm²

Potencia del Motor. 1500 HP

Tensión Nominal 4160 V.

La figura No. 2 nos muestra el diagrama de proceso, en la cual se encuentra la estación de rebombeo y -- los pozos de agua cruda.

FIG. 3.2



TESIS PROFESIONAL	
FAC. QUIMICA	UNAM
V. B. H.	SISTEMA DE POZOS DE AGUA CRUDA
F. C. R.	ESTACION DE REBOBADO

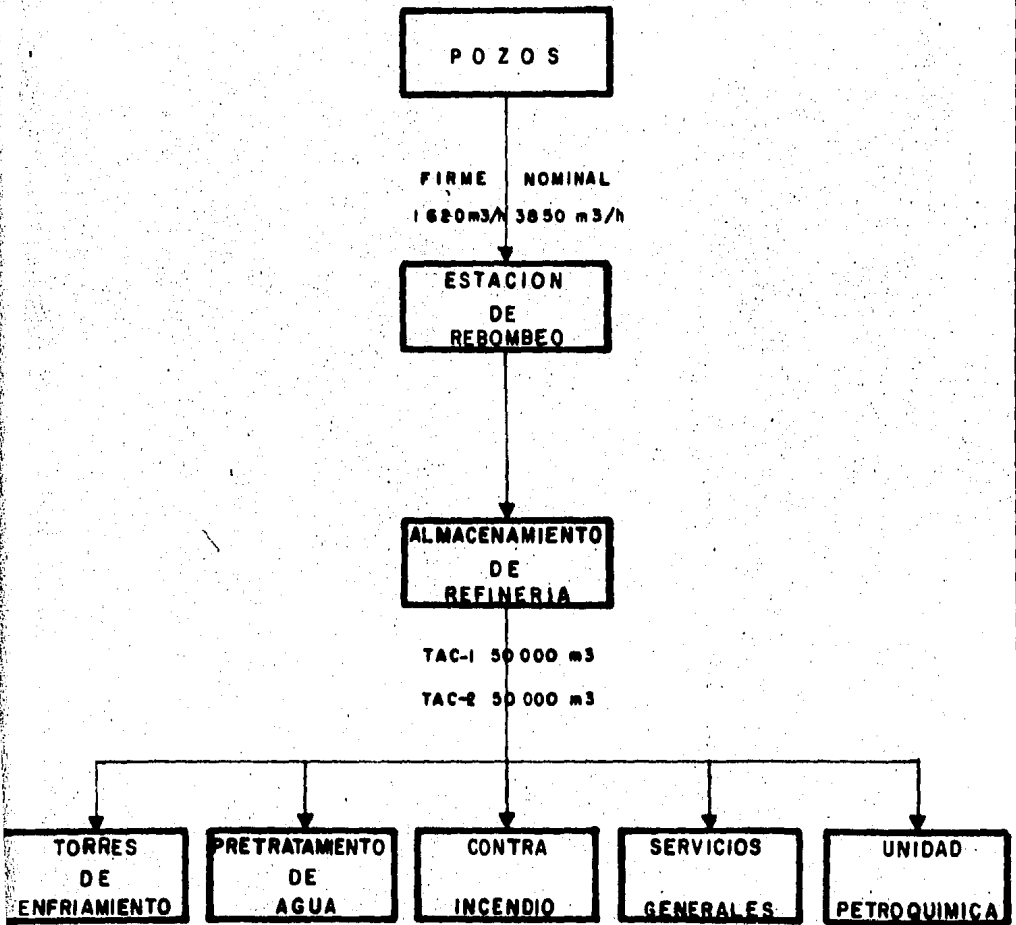
3.1.4. - Balance de Agua Cruda.

Producción Agua de Pozos	40,620 M ³ /Día
Consumos:	
Pretratamiento	11,800 M ³ /Día
Torres de Enfriamiento	23,280 M ³ /Día
Servicio de Contraincendio	480 M ³ /Día
Servicios Generales	250 M ³ /Día
Unidad Petroquímica	4,810 M ³ /Día
<hr/>	
Total	40,620 M ³ /Día

Diagrama de Bloques de Abastecimiento y Distribución de Agua Cruda. (Fig. 3.3).

FIG. 3.3

ABASTECIMIENTOS Y DISTRIBUCION DE AGUA CRUDA



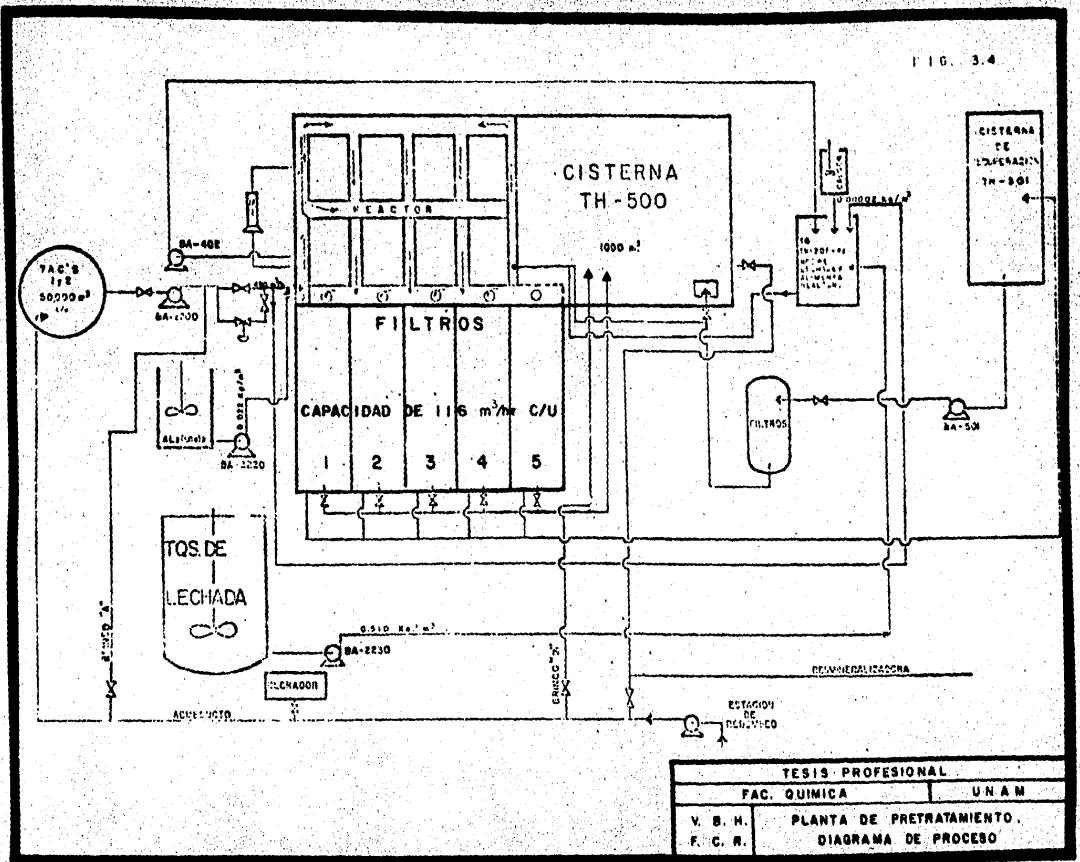
3.2.1. - Descripción.

Debido a la calidad del agua cruda por su alto contenido de dureza total (ver hoja de características del agua cruda) fue necesario instalar un sistema de pretratamiento con la finalidad de obtener efluentes de calidad adecuada al diseño de la planta desmineralizadora.

El sistema de pretratamiento consiste en hacer pasar el agua cruda por un reactor floculador donde por adición de lechada de cal se efectúa la reacción con los componentes de calcio y magnesio contenidos en el agua precipitándolos como $Mg(OH)_2$ y $CaCO_3$, por la característica de este precipitado es necesario adicionar sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, como coagulante y un polielectrolito como ayuda coagulante para formar partículas de mayor peso.

El efluente del reactor pasa por gravedad a la sección de filtración compuesta por 5 filtros de arena sílica, pasando finalmente a una cisterna de almacenamiento, de allí el agua pretratada se envía a la planta desmineralizadora por gravedad, aprovechando la dife-

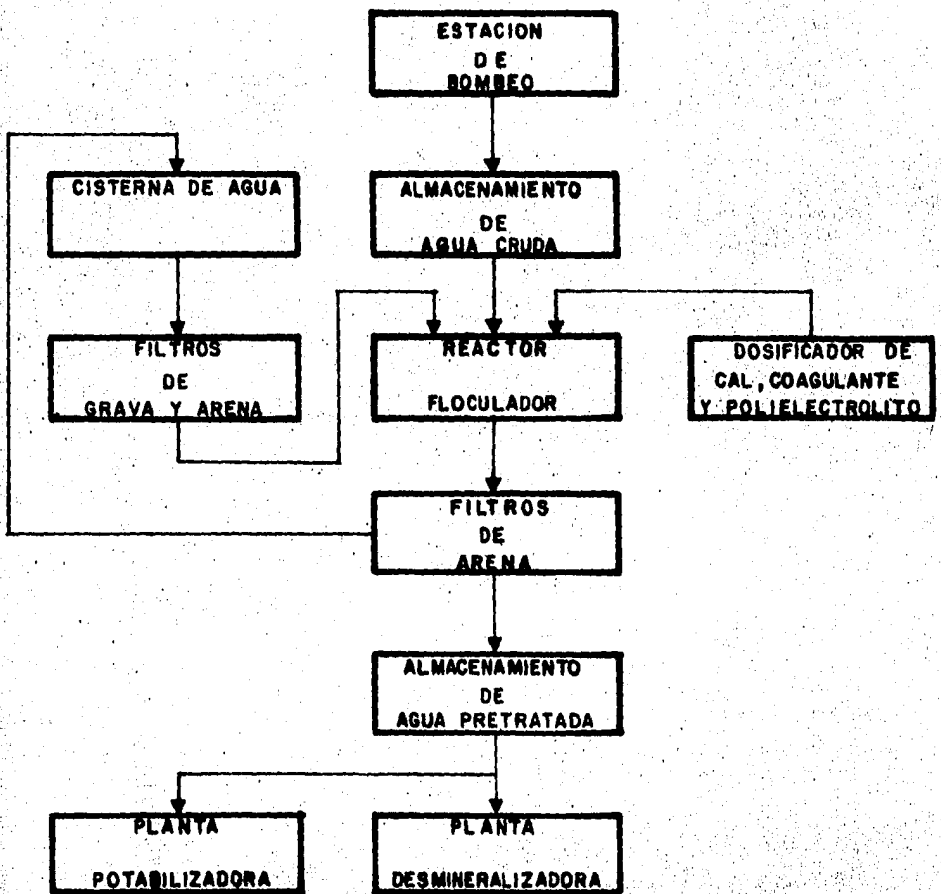
FIG. 3.4



TESIS PROFESIONAL		
FAC. QUIMICA		UNAM
V. B. H.	PLANTA DE PRETRATAMIENTO.	
F. C. R.	DIAGRAMA DE PROCESO	

FIG. 3.5

PRETRATAMIENTO DE AGUA



rencial de presión. La capacidad máxima de cada filtro es de $166.8 \text{ m}^3/\text{H}$. (Ver Figura 3.4 y 3.5).

3.2.2. - PROCESOS DE ABLANDAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

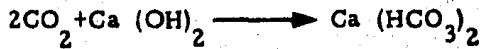
El ablandamiento de agua por productos químicos, depende de la conversión de los compuestos solubles -- que son responsables de la dureza del agua en compuestos insolubles que pueden eliminarse mecánicamente.

El proceso de ablandamiento consiste de las siguientes etapas:

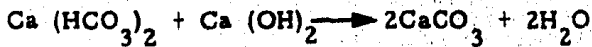
1. - Cálculo de los productos químicos requeridos basados en los análisis químicos del agua a tratar.
2. - Aplicación de los reactivos.
3. - Mezclado rápido y agitación para producir una -- floculación.
4. - Dar un período de tiempo que permita el asentamiento de los sólidos producidos.
5. - Separar el agua clarificada para su uso después -- de filtrada.

QUIMICA DEL PROCESO, Sigue las etapas:

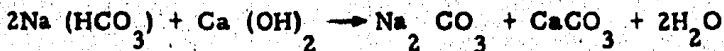
1) Eliminación de CO_2



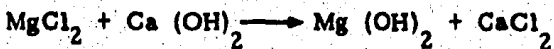
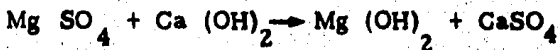
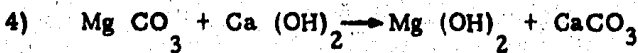
2) Reducción de la Dureza con Cal:



Hasta esta etapa hay un ablandamiento parcial. Cuando se requiere un ablandamiento total como para agua de alimentación a calderas, se necesitan eliminar todos los bicarbonatos (también los de sodio y magnesio).



Pero todavía en MgCO_3 y el Na_2CO_3 son bastante solubles y para eliminar al Mg hay que hacer lo siguiente:



La dureza final del agua dependerá de la solubilidad de los compuestos presentes a las condiciones de temperatura del agua.

En el proceso de ablandamiento con Cal-Carbonato influyen los siguientes factores:

- 1) Temperatura. - Al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad del Carbonato de Calcio.
- 2) Presencia del ion común ($MgCO_3$ - $CaCO_3$). Al haber mayor cantidad de $MgCO_3$ soluble se produce mayor insolubilidad de $CaCO_3$.
- 3) Presencia de iones calcio. Un exceso de iones Ca^{++} disminuye la solubilidad del $CaCO_3$.
- 4) PH. - Mantenerlo entre 9.4 y 10.5 para que sea mínima la solubilidad de $CaCO_3$ y $Mg(OH)_2$.
- 5) Inhibidores. Su presencia aumenta la solubilidad del $CaCO_3$.

Productos Químicos Requeridos.

- 1) Un equivalente de $Ca(HCO_3)_2$ requiere un equivalente de $Ca(OH)_2$.
- 2) Un equivalente de $Mg(HCO_3)_2$ requiere dos equivalentes de $Ca(OH)_2$.

Ahora cuando se calcula los requerimientos de productos químicos todo queda en función del costo de los reactivos que se pueden -- usar.

CaO es barato pero difícil de manejar (es el utilizado en esta refinera).

Al (SO)₂ (como coagulante)
4.3

Cálculos para dosificar la Cal y el Carbonato.

PARA CAL.

SUMAR:

Multiplique la Suma por:

(Todo como ppm de CaCO₃) Para Ca(OH)₂ al 93%

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1) CO ₂ Libre * | 0.8 ppm, 0.0066 lb/1000 gal. |
| 2) Bicarbonato a convertirse a carbonato + | Para CaO al 90% |
| 3) Dureza de Magnesio a eliminar | 0.62 ppm, 0.00516 lb/ 1000 gal. |
| 4) Exceso de hidróxido requerido. | |

* No tomar en cuenta para proceso en caliente.

+ Debe incluir el CaCO₃ remanente en la solución más el CaCO₃ eliminado.

PRODUCCION Y DISPOSICION DE LODOS.

Al hacer reaccionar la Cal y el Carbonato con el contenido de -- minerales que tiene el agua cruda se produce gran cantidad de -- lodos compuestos principalmente por CaCO_3 y $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Existen diversas alternativas de disposición de dichos lodos. Pe-- ro en esta refinería se lleva a cabo el desecado y transporte para relleno de tierras.

3.2.3.- Tratador - Floculador.

El tratador-floculador es usado para purificar el agua -- por coagulación y precipitación de las impurezas y su -- posterior remoción por sedimentación y filtración. Estas unidades son llamadas frecuentemente clarificadores, coa-- guladores, reacción de contacto de sólidos y reactores -- con colchón de lodos.

Los tratadores-floculadores son usados en dos campos generalmente, mientras que el equipo físico y el método general de operación del tratador-floculador es idéntico en ambos casos, la práctica común es dividir el uso de estos tratadores floculadores en dos áreas generales extensas. La primera es llamada clasificación -- o coagulación, y es limitada a la remoción de turbidez y algún color o materia orgánica.

Las partículas finas de turbidez y color que son difíciles de precipitar o filtrar son coaguladas para formar partículas más grandes (flóculos) que pueden ser removidos por sedimentación y filtración.

El segundo campo de uso de un tratador-floculador es directamente conveniente con el contenido de sólidos disueltos del agua cruda. Un tratador-floculador puede emplearse para desarrollar varias o todas las funciones siguientes:

Reducción de Turbidez

Reducción de color y materia orgánica

Reducción de calcio

Reducción de Magnesio

Reducción de alcalinidad

Dismineralización parcial

Reducción de CO_2 libre a cero

Reducción de fierro a cero

Reducción de sílice

El primer método de precipitación usado en la purificación de agua emplea estanques de sedimentación simples pero grandes con tiempos de retención hasta de 8 horas. Estos grandes estanques de asentamiento con tiempos de retención largos son necesarios para compensar la mezcla inadecuada y la incorrecta formación de floculos. Un tratador-floculador moderno requiere solamente de un tiempo de retención de una hora aproximadamente.

En tratador-floculador efectúa un trabajo mejor en un volúmen más pequeño, porque desarrollo cada paso en una zona distinta separada la mezcla de los reactivos químicos con el agua cruda tiene lugar en la zona directamente debajo de la cubierta del tratador-floculador. Esta mezcla es hecha suave pero adecuadamente por el agitador de baja velocidad. La mezcla es hecha en presencia de una pequeña cantidad de floculos previamente formados.

COAGULACION O CLARIFICACION

Las sales de los ácidos que forman precipitados gelatinosos o floculantes son usados como coagulantes, el coagulante usado con más frecuencia es el sulfato de aluminio. Su fórmula química es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$. Mientras que el peso molecular del compuesto anhidro es solamente 342, la adición de 18 moléculas de agua aumenta el peso del sulfato de aluminio comercial a 666.

Las reacciones del sulfato de aluminio con hidróxido, bicarbonato y carbonatos, se muestran en la tabla 3-1, indicando la precipitación de hidróxido de aluminio.

Tabla 3-1 sulfato de aluminio: reacciones con bicarbonatos, carbonatos e hidroxidos.

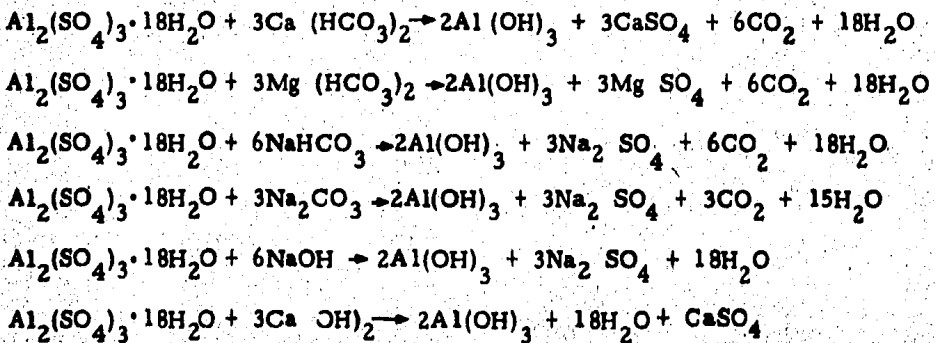


Tabla 3-2 Coagulantes y ácido sulfúrico, resultados por cada ppm-añadida.

ppm de varios coagulantes y ácido		expresados como ppm de CaCO ₃		ppm de CO ₂ formado.	
Nombre	Fórmula	Disminución de alcalinidad.	Aumento de sulfatos.	de Bicarbonatos.	de carbonatos.
SULFATO DE ALUMINIO	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	0.45	0.45	0.40	0.20

En la tabla 3-2 se muestra el aumento en sulfatos, la disminución en la alcalinidad de bicarbonatos y la cantidad de CO₂ liberado -- por cada ppm de sulfato de aluminio añadido a aguas cuya alcalinidad está presente como carbonatos o bicarbonatos.

Será necesario efectuar pruebas de laboratorio o pruebas en campo para determinar la cantidad exacta de sulfato de aluminio que dará los mejores resultados. Así mismo, para propósitos de diseño es suficiente calcular que se requerirán entre 10 y 20 ppm de $Al_2(SO_4)_3$. Si los bicarbonatos naturales del agua cruda están en exceso de 75 ppm no será necesario agregar álcalis adicionales.

OPERACION DEL TRATADOR FLOCULADOR:

La reacción química resultante de la mezcla de los reactivos químicos con el agua cruda no ocurre instantáneamente pero se lleva a cabo lentamente. La presencia de floculos previamente formados facilita y acelera grandemente la formación del precipitado.

El precipitado nuevo se forma actualmente sobre el precipitado viejo, y de éste modo se forma un floculo. Este floculo, o partícula grande del precipitado, engloba a las partículas finas de turbidez. Podrá también absorber la materia orgánica y el color disueltos en el agua cruda cuando se están formando.

El agua suficientemente mezclada y los floculos parcialmente formados, son desplazados por el agua cruda adicio-

nal hacia la zona de reacción secundaria inmediatamente arriba del ojo del agitador. Aquí la solución reactante es puesta en -- contacto con partículas adicionales de los floculos previamente formados.

En esta zona de reacción secundaria de agitación lenta se facilita el crecimiento de las partículas de precipitado -- en floculos lo más grande posibles.

Una zona de floculos suspendidos, es mantenida arriba de la zona de reacción secundaria y abajo de la zona de clarificación. Esta zona es frecuentemente llamada el "colchón -- de lodos". Tiene dos funciones, la primera es asegurar que el agua reactante está poniéndose en contacto con los floculos previamente formados. La segunda es actuar como un filtro. Hay tantas partículas de floculos en este colchón que el espacio entre ellas es bastante limitado, como el agua fluye lentamente hacia arriba a través de este filtro móvil, es imposible para una partícula de floculo fino procedente de la zona de reacción secundaria seguir su camino a través de la masa sin entrar en contacto con otras partículas de floculos y agruparse juntos. Estos -- agrupamientos de floculos se agrandan gradualmente, después -- de un tiempo son demasiado grandes como para ser transportados hacia arriba por la baja velocidad del agua ascendente en --

el tratador floculador . Como estas partículas de floculos grandes se precipitan, se encuentran y se unen con las partículas que permanecen lo suficientemente pequeñas como para ser transportadas hacia arriba. De este modo, el colchón de lodos consiste en partículas grandes de floculos moviéndose hacia abajo y partículas de floculos intentando moverse hacia arriba a través de la masa de partículas en movimiento hacia abajo. Este movimiento descendente de las partículas grandes de floculos promueve su crecimiento durante su recorrido, previniendo efectivamente el débil intento del agua lenta ascendente de transportar hacia arriba a las partículas finas de floculos. Por esto, un nombre más apropiado para el colchón de lodos sería el de "filtro móvil suspendido".

El flujo de agua ascendente y a través del colchón de lodos es muy importante, aumentando la velocidad a través del colchón de lodos no solamente se aumenta la fuerza que tiende a arrastrar las partículas finas fuera de la unidad, si no que se para aún más las partículas de floculo del colchón, esto permite más espacio para el deslizamiento de las partículas finas. Al aumentarse el flujo ascendente de agua también disminuye el tiempo en las diferentes zonas.

el tratador floculador . Como estas partículas de floculos grandes se precipitan, se encuentran y se unen con las partículas que permanecen lo suficientemente pequeñas como para ser transportadas hacia arriba. De este modo, el colchón de lodos consiste en partículas grandes de floculos moviéndose hacia abajo y partículas de floculos intentando moverse hacia arriba a través de la masa de partículas en movimiento hacia abajo. Este movimiento descendente de las partículas grandes de floculos promueve su crecimiento durante su recorrido, previniendo efectivamente el débil intento del agua lenta ascendente de transportar hacia arriba a las partículas finas de floculos. Por esto, un nombre más apropiado para el colchón de lodos sería el de "filtro móvil suspendido".

El flujo de agua ascendente y a través del colchón de lodos es muy importante, aumentando la velocidad a través del colchón de lodos no solamente se aumenta la fuerza que tiende a arrastrar las partículas finas fuera de la unidad, si no que se para aún más las partículas de floculo del colchón, esto permite más espacio para el deslizamiento de las partículas finas. Al aumentarse el flujo ascendente de agua también disminuye el tiempo en las diferentes zonas.

Esta velocidad ascendente es medida en GPM por pie cuadrado.

Esto deberá basarse en el área de separación verdadera que para el tratador-floculador $L * A$ es el área total de la unidad. Esta velocidad ascendente es llamada la "capacidad de elevación".

AYUDAS COAGULANTES:

La mayoría de las aguas se coagulan fácilmente y forman flóculos satisfactorios. Algunas aguas, tales como aguas -- extremadamente frías conteniendo muy escasa turbidez, son difíciles de coagular. En estos casos se emplean ayudas coagulantes. Estas incluyen arcillas de tipo bentonítico, sílice activada, polielectrolitos y otros materiales que causan que el flóculo sea más pesado y/o más grande en tamaño de modo que se precipite mejor.

La clorinación puede considerarse como una ayuda coagulante dado que reduce muchas de las sustancias orgánicas presentes en el agua a que inhiben la formación del flóculo. La clorinación y remoción de estos compuestos orgánicos es deseable -- no solamente porque impiden la formación del flóculo, sino por-

que también los compuestos orgánicos clorinados son más fáciles de remover por floculación y de este modo, la calidad final del efluente del tratador-floculador será muy baja en orgánicos.

Las pruebas de laboratorio pueden ser alguna indicación de las necesidades de usar una ayuda coagulante y en algunos casos también seguir el tipo de ayuda coagulante que va a ser usado. Por consiguiente, en muchos casos el único camino práctico para determinar la ayuda coagulante más adecuada para una aplicación particular, es probar varias ayudas coagulantes en el campo. Muchos usuarios de tratadores floculadores prefieren definir la compra de un alimentador y ayuda coagulante hasta que el tratador-floculador esté en operación y se haya demostrado la necesidad de una ayuda coagulante. Siempre es posible improvisar un alimentador de ayuda coagulante que permite a los operadores determinar que ayuda coagulante es más adecuada para su aplicación. Las ayudas coagulantes son bastantes para su aplicación e innecesarias para la mayoría de sus aguas.

3.2.4. - MODIFICACIONES PARA AUMENTAR LA CALIDAD Y CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DEL REACTOR FLOCULADOR.

Vendrían dos proyectos muy importantes tratando se de mejorar la calidad de agua pretratada:

Primero colocación del reactor vertical (tanque - TV 207-4C.). Con el fin de aumentar el tiempo de residencia del agua y productos químicos, y a la vez aprovechar los lodos formados en el colchón de lodos, recirculandolos al tanque para formar floculos más grandes; además de la integración del filtro -- No. 5 de arena.

El segundo proyecto se nombró: "Aumento de Capacidad de la planta de Pretratamiento de Agua Cruda", que tuvo por objetivo aumentar la capacidad del reactor floculador y mejorar el tratamiento.

En donde se realizaron grandes modificaciones -- como fueron:

a) Para aumentar la capacidad de pretratamiento se adicionaron 10 bajantes en la canaleta central de reacción -- hacia la zona de agitación (de diseño venían 12 tubos de 6" ϕ --

como bajantes) con esto se espera que la capacidad del pretratamiento aumente y que además se prolongue el tiempo para la limpieza del reactor floculador sobre todo si se sigue la recomendación de lavar una vez por mes los mencionados bajantes y evitar que se obstruyan con cal. (Ver Figura 3.6 y 3.7).

b) Para darle una mejor distribución y mejor tiempo de contacto a la mezcla de lechada de cal-agua se procedió a cegar la ranuras y orificios de las canaletas de la sección poniente del reactor floculador y cuyas funciones eran captar el agua pretratada para dirigirla hacia los filtros quedando actualmente como ductos de descarga de la mezcla lechada, de cal-agua a la canaleta de reacción y además se intercomunica la esquina Suroeste y se cierra la esquina Noroeste del Reactor Floculador.

A las canaletas de la sección oriente se les duplicó el número de ranuras y orificios es con objeto de aumentar la capacidad de captación del agua pretratada hacia los filtros.

c) Para comunicar la parte superior de las secciones Oriente y Poniente del reactor floculador se instalaron 5 ductos transversales en la canaleta central del reactor de 0.30 X 0.50 X 1 mt. y dos de 0.15 X 0.20 x 1 mt. (Ver Figura 3.6 y 3.7).

3.2.5. - CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION

La operación de la planta se lleva a cabo de la siguiente forma:

1. - Se recibe la alimentación de agua cruda del acueducto directamente, su control de flujo se regula con una válvula manual de 12" ϕ , el diseño original se tenía una válvula automática que se regulaba con el nivel de la Cisterna TH-500 de agua clarificada.

2. - Con la modificación del primer proyecto -- se conectó un brinco a la línea de agua cruda en la entrada al reactor vertical (TV-207-4C), en donde esta línea de agua cruda, se dosifica el sulfato de aluminio para coagular el color y la turbidez, llevando también los lodos que se extraen del reactor floculador y se envían con las bombas 402 A/B al reactor vertical en sí esta línea alimenta al reactor vertical con agua cruda, sulfato de aluminio y los lodos formados en el reactor floculador. (Ver figura 3.4).

3. - Al llegar al reactor vertical (TV-207-4C), con agitación mecánica a la mezcla, se le adiciona, el polie-

lectrolito, como ayuda a la coagulación, siendo este el calgón 240 - de este reactor vertical salen tres líneas que van al reactor - floculador en diferentes lugares.

La línea "A" va hasta el canal sur del reactor floculador línea 14" ϕ .

La línea "B" va a la parte central del reactor - floculador o sea a la canaleta de distribución, línea de 12" ϕ .

Y por último la línea "C" envía la mezcla al canal norte del reactor floculador de 14" ϕ .

Estas líneas tienen un objeto de distribuir sobre todas las canaletas de reacción la mezcla agua-lodos-reactivos, este arreglo se realizó en el cambio del segundo proyecto. (Ver figura 3.6).

Del canal central baja la mezcla por unos tubos distribuidores a la parte inferior del reactor floculador en donde entra en contacto con los agitadores de paleta cuya velocidad es de 3 RPM, de aquí el grumo formado se queda en el colchón de lodos, el agua se pasa para después recolectarse en los canales de agua pretratada que van a dar a la entrada de los filtros de arena F-1, 2, 3, 4 y 5.

En donde se filtra el agua para no contener sólidos en suspensión. Una vez filtrada el agua pasa a la cisterna de agua clarificada TH-500 con capacidad de 1000 m³., de donde se envía el agua pretratada por una línea de 14" ϕ que por gravedad la distribuye a la Planta Desmineralizadora, y a los filtros FL-402 de carbón activado para usarse en agua potable y en lo futuro a la Planta Combinada para sus desaladoras.

3.2.6. - EQUIPO:

Se cuenta con el siguiente equipo mecánico en la Planta de Pretratamiento de Agua Cruda.

Bombas BA-2230 A y B, dosificación de lechada de Cal.

Bombas BA-3230 A y B, alimentación de sulfato de aluminio.

Bombas BA-2200 A y B, alimentación de agua cruda al reactor --
floculador.

Bombas BA-402 A y B, recirculación de lodos.

Bombas MF-501 A y B, tipo vertical.

Compresoras BC-2020 y BC 2021: Compresores para lodos de ---
planta e instrumentos. (Ver figura 3.4).

3.2.7. - MATERIAS PRIMAS:

Lechada de Cal. Se prepara con 625 Kg. de --

Cal, en un volumen de 40 m^3 del tanque obteniéndose una concentración de 510 ppm para un flujo de 7 puntos de gráfica o sea -- $490 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ de agua cruda, lo establecido técnicamente es de 500 ppm. de cal, ya que se mencionó que 500 gr. de cal actúan sobre 1 000 lts. de agua cruda.

Por lo tanto tenemos que la dosificación de cal es adecuada, para este flujo pero como es muy variada la alimentación de agua cruda, al reactor, entonces la dosificación tiene que ser variada, esto se controló con un Timer que abre la válvula automática que adiciona cal al reactor y la cierra para circulación al tanque de lechado.

El tanque de sulfato de aluminio se prepara con un 60 Kg. y con un volumen de 1.5 m^3 y obteniéndose una concentración de 21.1 ppm. para un flujo de $490 \text{ m}^3/\text{hora}$ de agua cruda en donde el tanque de solución bajó a razón de 17 m/hora, dándonos un flujo de 260 lt/hora, una buena dosificación de Sulfato de Aluminio, ya que teóricamente para el tratamiento, cal en frío es de 20 ppm su concentración.

Aquí se observó, que uno de los tanques de preparación TV-203-A no se puede usar, ya "que se encuentra picado" y no tiene agitador.

El tanque del polielectrolito se prepara con 1.5 Kg. de calgon 240 y con volumen de 1.25 m^3 , obteniendose una -- concentración de 0.02 ppm para un flujo de $490 \text{ m}^3/\text{hr}$. de agua -- cruda, para un flujo de 150 ml/hr del tanque de solución.

Para cálculos de materias primas (cal, sulfato de aluminio y po-- lielectrolito) consultar 10.1.

3.2.8. - DATOS DE DISEÑO.

REACTOR

Dimensiones	10 X 19.81 Mts.
Altura	6,096 Mts.
Flujo Normal/Futuro	8323/11729 LPM 6 500/704m ³
Tiempo de retención actual/futuro	139 Min/99 Min.
Contacto eléctrico del medidor	8323 Lts.
Velocidad (Agitador)	
Mínima	1 R.P.M.
Máxima	4 R.P.M.

TANQUE DE AGUAS FILTRADAS

Capacidad	1.000.00 Lts.
-----------	---------------

DOSIFICACION DE REACTIVOS

a) Sulfato de Aluminio Dosificado	21.1 g/1000 Lts.
Tanque de solución	de 1500 Lts.
Capacidad	4.33 LPM
b) Cal Hidratada Dosificada	510 g/1000 Lts.
Tanque de solución	42,000 Lts.
Capacidad	232.7 Kg/H.

FILTROS

Dimensiones	4.87 X 6.096 Mts.
Altura	4.26 Mts.
Flujo Normal/Unidad	2774 LPM

3.2.9. - PASOS A SEGUIR PARA EL RETROLAVADO DE UN - FILTRO DE ARENA.

1) Se bloquea la válvula manual de salida (2) y dejar así hasta que el filtro se queda lleno.

2) Una vez que el filtro esté lleno (por uno de los venteos sale agua) se coloca tapa (1) y se bloquea la válvula macho del venteo (3) (Ver figura 3.8).

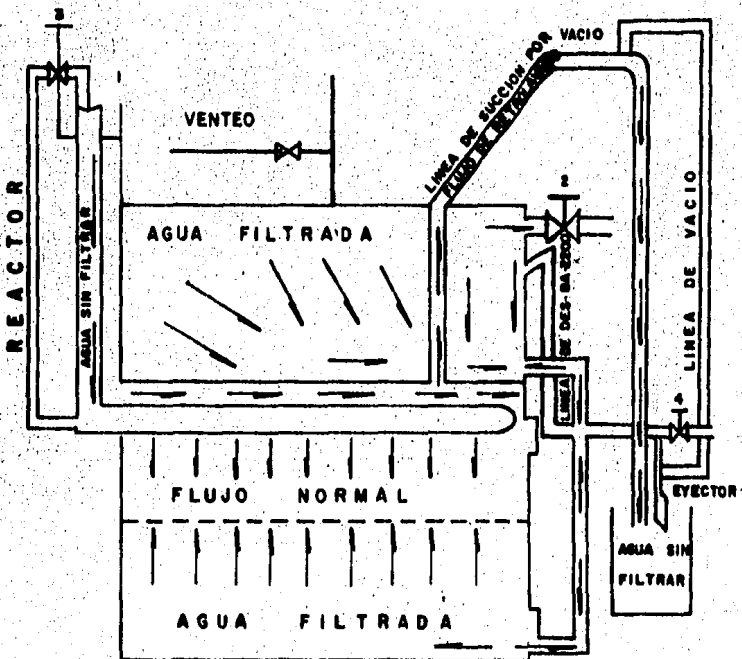
3) Se mete a operar bomba BA 2200 A ó B y se alinea válvula (4) para que opere el eyector y formar el vacío obteniendo con ello un flujo del filtro hacia el drenaje para mejorar esta operación, en la práctica se ha encontrado que se logra, manteniendo inundado el eyector, para la cual se obstruye el flujo de agua al drenaje a TH 501, durante el retrolavado de la unidad.

4) Una vez terminado el retrolavado o sea cuando ya no hay flujo de filtro a drenaje, si se considera que con un retrolavado, tuvo de acuerdo como salió de limpia el agua al final, se procede a eliminar para que se llene, luego de parar la bomba BA 2200 A ó B y bloquear válvula (4) (de la figura). Si por el contrario es necesario volver a retrolavar, quitar tapa entrada (1) y abrir válvula macho (3) para continuar con puntos 2 y 3.

5) Se quita tapa (1) de la figura, entrada agua -
al filtro y se abre válvula macho (3) del venteo, para romper -
el vacío, así hasta que el filtro se llene.

6) Abrir válvula (2), con lo que el filtro queda -
alineado a TH-500 en operación normal.

FIG - 3.8



- 1. ENTRADA DE AGUA PRETRATADA AL FILTRO
- 2 SALIDA DE AGUA FILTRADA HACIA TH-800
- 3 VALVULA MACHO DE VENTEO
- 4 VALVULA PARA EL EYECTOR
- FLUJO NORMAL DE OPERACION

TESIS PROFESIONAL	
FACULTAD DE QUIMICA	U. N. A. M.
V. B H F. C. R.	CORTE LATERAL DE UN FILTRO DE AGUA EN PRETRATAMIENTO

I. Características analíticas del agua cruda de pozos y pretratada de alimentación a la Planta Desmineralizadora.

<u>Cationes</u>	<u>Unidades</u>	<u>AGUA CRUDA DE</u>	<u>P R E T R A T A D A</u>	
		<u>POZOS</u>	<u>Datos</u>	<u>Típico</u>
		<u>Típico</u>	<u>diseño</u>	<u>actuales</u>
		<u>Actual</u>		
Na ⁺	ppm CaCO ₃	501	440	496
Ca ⁺⁺	"	225	80	74
Mg ⁺⁺	"	147	20	22
Fe ⁺⁺⁺	"	0	0	0
Al ⁺⁺⁺	"	0	0	0
Total Cationes	"	889	541	592
<u>Aniones</u>				
Cl ⁻	"	279	215	279
SO ₄ ⁻⁻	"	214	156	226
HCO ₃ ⁻	"	396	169	0
CO ₃ ⁻⁻	"	0	-	69
OH ⁻	"	0	-	18
Total Aniones	"	889	540	592
Sílice	"			
Dureza total	"	372	100	96
Alcalinidad total	"	396	169	99

Sólidos totales <u>di</u> suelos	"	1318	795	773
Óxido de carbo- no	"	-	10	26

TABLA 3.1

RESULTADOS PROMEDIO DE ANALISIS EN PRETRATAMIENTO
DE UN MES

PRUEBAS EN ZONA DE REACCION		RESULTADO EN ppm	ESPECIFICACION	DESVIACION
A L C A L I N I D A D	F	2.8	- - -	- - -
	M	5.1	- - -	- - -
	OH	20	0-10	10
	CO ₃	64	50-120	- - -
	HCO ₃	0	0	- - -
Dureza Total		118	170	- - -
Dureza de Ca		48	70	- - -
% LODOS		12	10-15	- - -

* Con las modificaciones hechas se acordó localmente controlar entre 10-30 ppm de OH.

FIGURA 3.7

1:10

1:10

1:10

1:10

1:10

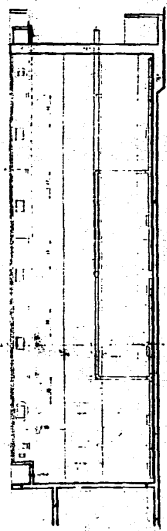
1:10

1:10

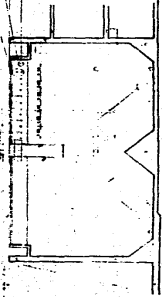
1:10

1:10

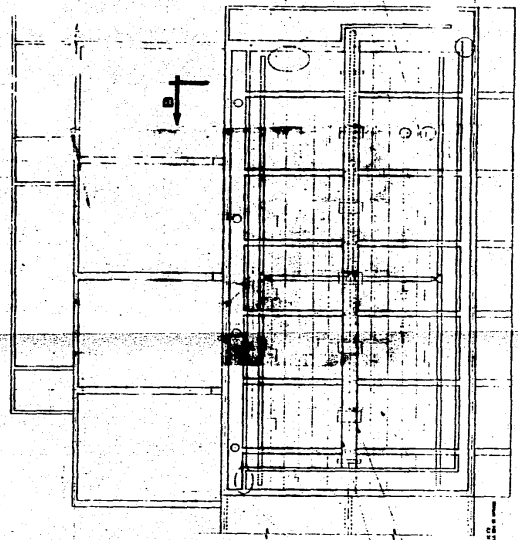
1:10



CORTE AA'



CORTE BB'



VISTA DE PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL	URUGUAY
FAC. DE INGENIERIA	
INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
V. B. B.	
P. E. B.	

IV) PLANTA DESMINERALIZADORA.

4. PLANTA DESMINERALIZADORA.

4.1. - Descripción.

El agua pretratada llega a control de presión a la Desmineralizadora, donde aproximadamente el 66% pasa a través de 4 unidades catiónicas débiles, que contienen resina IRC-84 del ciclo hidrógeno donde se abate la dureza en un 85%. Este afluente se une al 34% restante de agua pretratada en el cabezal de entrada a 4 unidades catiónicas fuertes, los cuales contienen resina IR-120 de ciclo hidrógeno y donde la dureza se abate a cero ppm. El flujo de salida de estas unidades contiene ácidos: Sulfúrico, clorhídrico, silícico y carbónico, productos de intercambio iónico sufrido en la unidad; como el ácido carbónico se descompone en agua y CO_2 , la corriente se lleva a una Torre Descarbonatadora donde por el soplado del aire a contracorriente se elimina hasta un 70% el contenido de CO_2 . El agua se colecta en una cisterna donde es enviada hacia 5 unidades aniónicas, que contienen resinas de ciclo sodio IRA-93 débil e IRA-402 fuerte, en cama estratificada, donde se eliminan los aniones cloruros, sulfatos, el residual de CO_2 y la sílice hasta 0.2 ppm.

Con la finalidad de mejorar la calidad del agua desmineralizada el efluente se hace pasar por 4 unidades Pulidoras de cama mixta, con resinas IR-120 e IRA-402 para aba-

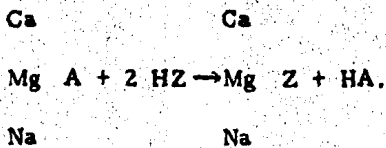
tir sólidos disueltos a un valor menor de 10 ppm. La capacidad máxima por cada unidad es de $113.5M^3/H$.

El agua ya pulida se almacena en dos tanques -- verticales de donde se envía a un Desaerador para subir la temperatura y abatir el oxígeno a un valor de 0.005 ppm. (Ver Figura 4.1).

4.2 PROCESO DE DESMINERALIZACION.

Desmineralización. -

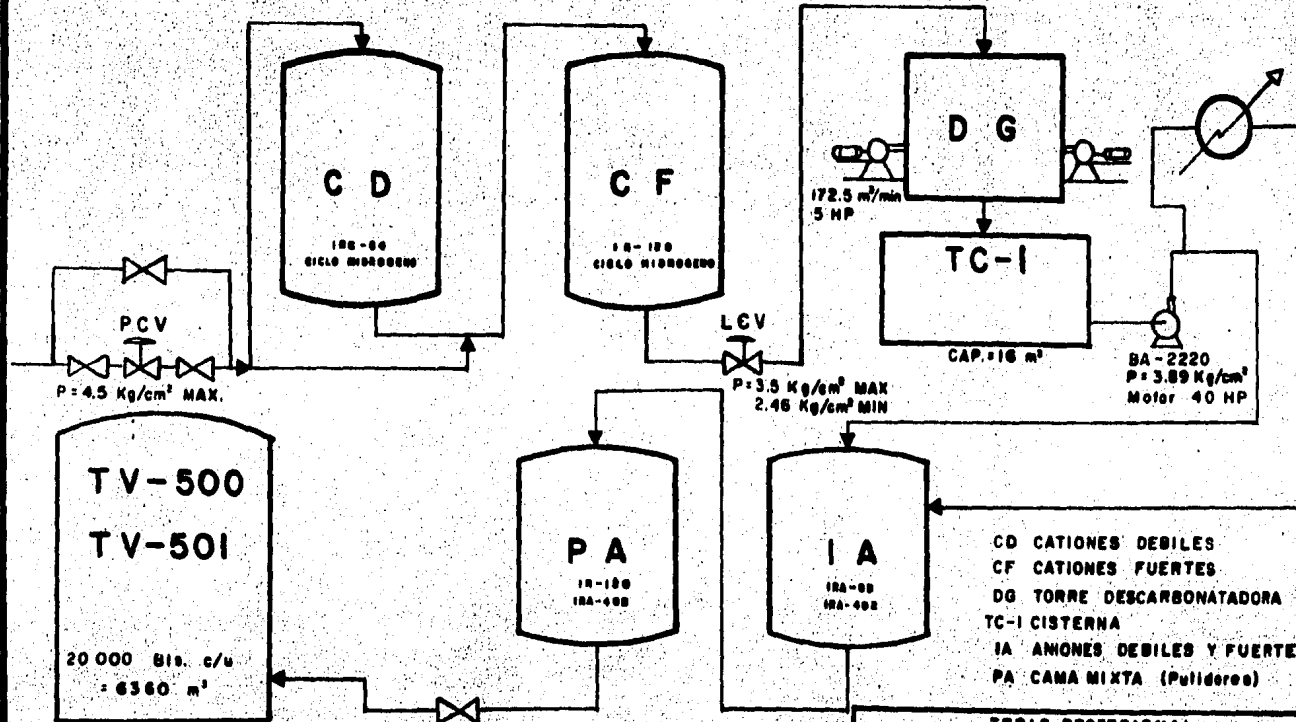
El proceso de desmineralización es un proceso de intercambio iónico en dos pasos. En el primer paso, los iones metálicos positivos o cationes (calcio, Magnesio y sodio) son desplazados por el hidrógeno del intercambiador catiónico.



La letra A representa el bicarbonato, sulfato, cloruro o nitrato presente en el agua con el calcio, magnesio y sodio. La letra Z representa el radical de la Zedita. HZ representa una Zedita de intercambio en el cual el ión intercambiable es el hidrógeno.

PLANTA DESMINERALIZADORA

FIGURA 4.1



- CD CATIONES DEBILES
- CF CATIONES FUERTES
- DG TORRE DESCARBONADORA
- TC-1 CISTERNA
- IA ANIONES DEBILES Y FUERTES
- PA CAMA MIXTA (Pulideros)

TESIS PROFESIONAL	
FAC. QUIMICA	U.N.A.M.
V. B. H. P. C. R.	DIAGRAMA DE PROCESO

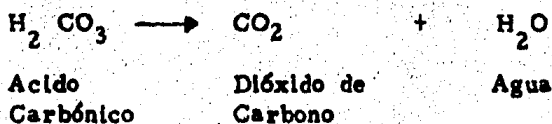
Las sales en el agua reaccionan con el ión de intercambio y los cationes (calcio, magnesio y sodio) permanecen con la Zedita.

Cuando el hidrógeno reemplaza en el agua a los otros cationes, se forman ácidos muy diluidos. Las sales de bicarbonato en el agua forman ácido carbónico según la reacción siguiente:

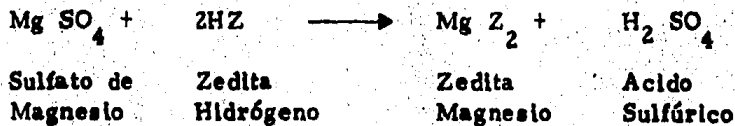


El ácido carbónico se descompone formando gas-

CO₂ libre.

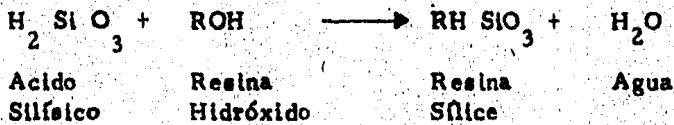
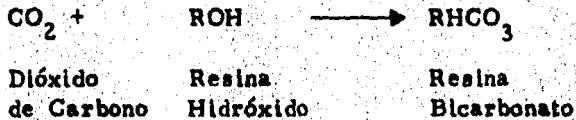
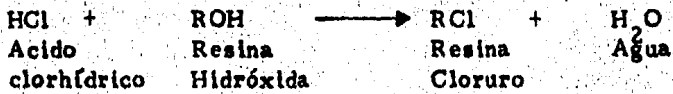
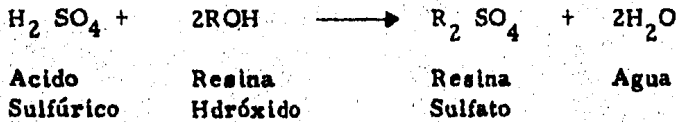


Los sulfatos y los cloruros en el agua cruda, forman ácidos minerales libres (FMA)



En el segundo paso, los iones remanentes negativos o aniones (sulfatos, cloruros, etc), son desplazados --

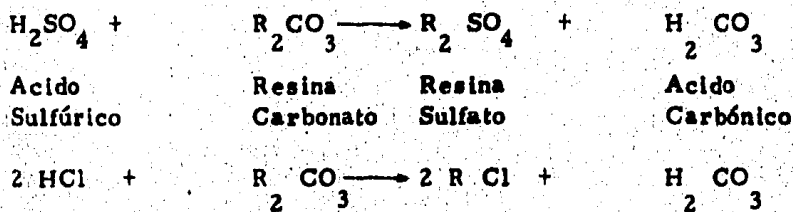
al emplear intercambiadores aniónicos fuertemente básicos.



De esta manera el intercambiador catiónico des--
plaza los metales (cationes) para formar ácidos y el intercam--
biador aniónico desplaza los ácidos (provenientes de las sales) -
para obtener agua pura.

El intercambiador aniónico fuertemente básico des--
plaza el dióxido de carbono también puede desplazarse por aere--
ción al vacío en un paso intermedio antes del intercambiador --
aniónico para reducir la carga en éste.

Empleando el intercambiador aniónico debilmente básico, solamente son desplazados los ácidos fuertes para completar la desmineralización:

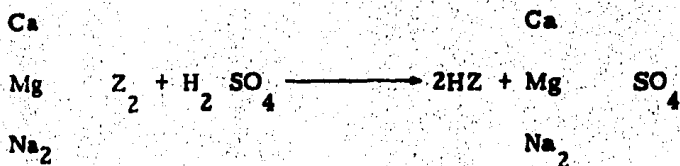


El intercambiador aniónico base débil no desplaza el bióxido de carbono (CO_2) ni a la sílice. Observese así mismo que el ácido carbónico producido en la reacción con la forma carbonato de la resina, formará posteriormente CO_2 . El bióxido de carbono puede desplazarse ya sea por aereación, desaereación o al usar un intercambiador aniónico base fuerte en un tercer paso. La sílice puede desplazarse también en este tercer paso.

La reacción de intercambio iónico continuará -- únicamente hasta que el material de intercambio pueda proporcionar el hidrógeno o el hidróxido necesario para reemplazar los -- cationes y los aniones del agua cruda. La cama de intercambio -- debe regenerarse a ciertos intervalos para restaurar el ión de -- reemplazo en el material de intercambio.

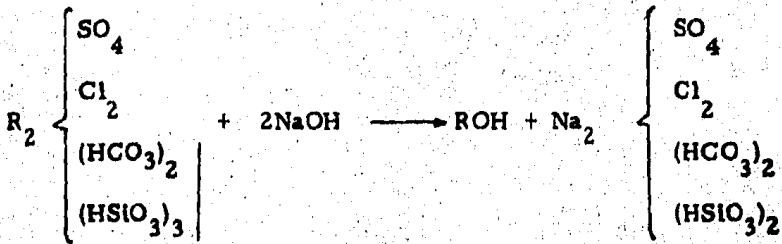
Cuando la unidad catiónica pierde su capacidad de intercambio debe retornarse a su estado original regenéndola con ácido diluído.

El proceso de regeneración se indica por las reacciones siguientes: (aunque se muestran para el ácido sulfúrico puede también emplearse ácido clorhídrico).



Después de la inyección, el exceso de ácido y las sales de calcio, sodio y magnesio son eliminados mediante enjuague.

La regeneración de la unidad aniónica es similar a la de la unidad catiónica. Cuando la resina ha perdido su poder de intercambio, se le devuelve mediante el empleo de un álkalí, la sosa cáustica se usa en intercambiadores aniónicos base fuerte y carbonato de sodio, sosa cáustica o amoníaco para los intercambiadores aniónicos base débil.



Después de la regeneración, las sales y el exceso del álcali son eliminados mediante enjuague.

RADICALES DE INTERCAMBIO IÓNICO.

La parte básica de una planta desmineralizadora son las camas de resinas de intercambio iónico. En la actualidad los radicales más empleados son los siguientes:

Intercambiadores

Intercambiadores

Catlónicos

Aniónicos

Resinas de Poliestireno

Fenolas (Base débil)

Carbón Sulfonado

Poliestireno (base débil)

Tipo I (base fuerte)

Tipo II (base fuerte)

4.3. - CALIDAD DEL AGUA DE ENTRADA.

Debido a que el radical de intercambio iónico debe mantenerse limpio para que funcione eficientemente el agua-

a tratar debe estar libre de materia en suspensión, aceite, al gas, lamas y otras impurezas que reducirán la capacidad de la resina.

Ciertas aguas requieren coagularse o filtrarse -- antes de la desmineralización. Las aguas que se pretratan en recipientes para sedimentación o en reactores de contacto de-- ben filtrarse antes.

La resina puede actuar como filtro pero se ve afectada la capacidad y la habilidad de intercambio, requiriéndo se entonces frecuente limpieza o reemplazamiento de la mis-- ma.

Un desmineralizador no puede emplearse para re mover la materia orgánica o el color. Si estas sustancias es-- tán presentes en el agua, tenderán a obstruir la resina, re--- percutiendo en el efluente en forma de pérdida de capacidad - y de calidad.

En algunos casos las impurezas orgánicas de la resina pueden eliminarse restaurando la capacidad al usar un- tratamiento a base de salmuera caliente.

El agua debe pretratarse (como se hace en esta Refinería) para remover la materia orgánica y el color antes de entrar al desmineralizador. Puede usarse para el pretratamiento coagulación, clorinación o carbón activado.

El cloro libre, con frecuencia en abastecimientos urbanos puede pasar a través del material de intercambio sin eliminarse.

Si el cloro se presenta en cantidades arriba de 0.3 ppm, puede atacar las resinas de tipo fenólicas y las de carbón sulfonado.

Si el cobre está presente, en cantidades aún demasiado pequeñas, el cloro libre puede también atacar las resinas de tipo, poliestireno.

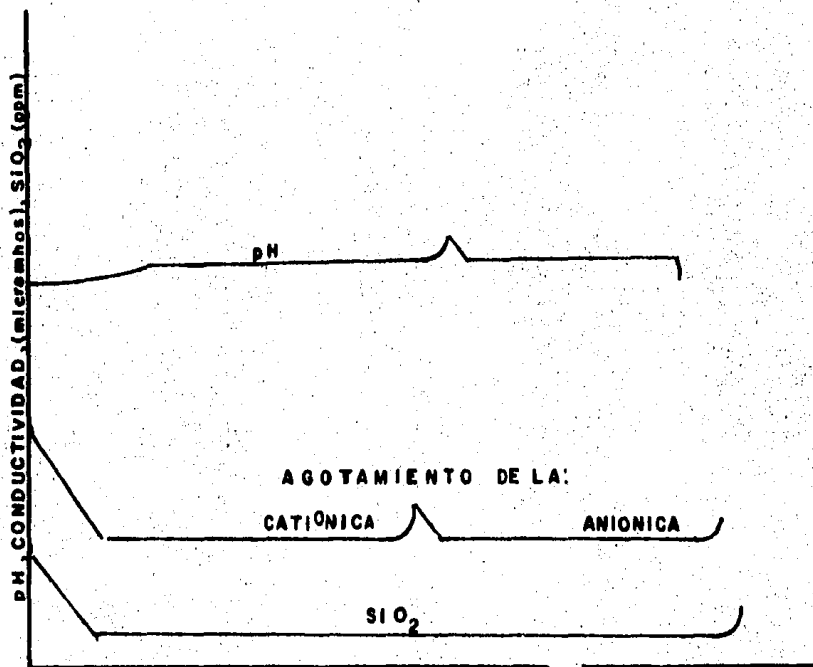
El cloro puede eliminarse empleando carbón activado o añadiendo sulfuro de sodio.

4.4. - CORRIDA DE SERVICIO

La figura No. 1 muestra las variables en el agua desmineralizada.

La Sílice (SiO_2) se muestra únicamente para las

unidades aniónicas base fuerte.



Características Típicas de Agua

Desmineralizadora.

La variable más fácilmente medible en la conductividad, la cual es una indicación de los electrolitos totales (cationes y aniones) en el agua tratada.

Después de las Unidades

aniónicas base fuerte:

5 micromhos = 1 ppm como CaCO_3

Después de las Unidades

aniónicas base débil:

2.5 micromhos = 1 ppm como CaCO_3

La sílice no contribuye a la conductividad del agua, por lo que si se quiere medir deberá efectuarse una prueba especial (después de las unidades aniónicas base fuerte).

El dióxido de carbono (CO_2) contribuye a la conductividad, pero no en las relaciones consideradas arriba, por lo que también se requiere un análisis químico. No debe haber CO_2 en el agua, desmineralizada después del anión fuerte.

Sin embargo después del anión débil el CO_2 es muy alto, por lo que debe de aplicarse un factor de corrección de la lectura, para determinar la conductividad debida a un valor dado, sume el factor de corrección a la conductividad, para determinar la posición del conductímetro.

Donde únicamente existe un solo catión y un solo anión, es usual regenerar la unidad catiónica primero y luego la unidad aniónica. El exceso de regenerante en la unidad aniónica, se lava cayendo la conductividad bruscamente como se muestra a la izquierda de la figura 1. La corrida de servicio puede iniciarse cuando los valores de conductividad y sílice sean satisfactorios.

Los valores en ese instante se consideran como "punto de Enjuague final". Generalmente, la sílice casi siempre se mantiene en valores bajos antes de que la conductividad alcance su punto final.

Durante la corrida de la unidad aniónica en servicio, los valores de la conductividad (electrolitos totales) y la sílice se mantienen debajo del valor del Punto Final de Enjuague.

Hacia el final de la corrida la sílice es el primer ión en aparecer en las unidades de remoción (anión fuerte) y el cloro en el anión débil. La aparición del cloro es detectada fácilmente por un aumento en la conductividad arriba el valor considerado como punto final.

La sílice sin embargo no se detecta por cambio en la Conductividad. Por esta razón es usual operar las unidades para remoción de sílice midiendo la cantidad de agua que pasa a través de ellas, parando antes de alcanzar la conductividad de la unidad, que se tomó como punto final.

En la corrida de la unidad catiónica en servicio el primer ión en aparecer a medida que la unidad se agota es el sodio.

En la unidad aniónica no elimina al sodio de manera que la conductividad después del anión aumenta, como se muestra en la figura 1, cuando la unidad catiónica se aproxima al final de su corrida.

Si la unidad catiónica ha sido calculada por una capacidad de la unidad aniónica, el aumento de la conductividad puede usarse como señal del fin de servicio para ambas unidades. Es recomendable que el agua desmineralizada al final de la corrida se cheque ocasionalmente para sílice (aniones base fuerte) o cloruros (anión base débil). Las unidades están diseñadas para una entrada de agua con un análisis dado. Un cambio en el análisis resulta en un cambio de capacidad de ambas unidades, pero no necesariamente en la misma proporción. Si la -

unidad catiónica es de capacidad más pequeña que la de la unidad aniónica en tal forma que pueda efectuarse dos o más corridas catión-anión antes de que la unidad aniónica requiera regeneración, puede considerarse un aumento en la conductividad para determinar el fin de cada corrida catiónica. La unidad aniónica debe correrse por medición; esto es, regenerarse cuando haya sido tratada la capacidad esperada de agua.

En instalaciones de unidades múltiples las unidades catiónicas son operadas en paralelo enviando el efluente a las unidades aniónicas que también están en paralelo. Un aumento en la conductividad del efluente de una sola unidad aniónica (permaneciendo el resto igual) indica que únicamente esa unidad se ha agotado. Sin embargo un aumento simultáneo en la conductividad de todos los efluentes de las unidades aniónicas indica que una de las unidades catiónicas se ha agotado.

Esto es satisfactorio para la operación de unidades aniónicas débilmente básicas (no eliminadoras de sílice y CO_2), pero las unidades aniónicas base fuerte eliminadoras de sílice deben sacarse de servicio antes del punto de agotamiento. Como muestra la figura 1 el punto de escape de la sílice precede el punto de agotamiento de una porción considerable de la corrida. No hay aumento en la conductividad hasta después de una fuga

grande de sílice, de tal forma que las unidades que operan con baja sílice deben correrse ya sea por control de lectura, o pa-reándolas con una unidad catiónica.

La figura No. 1 muestra a que el agotamiento de la unidad aniónica es acompañada por una caída de pH en el efluente, mientras que un agotamiento en la unidad catiónica -- provoca un aumento de pH en el efluente del anión. El control por pH no es confiable debido a que un agotamiento simultáneo de ambas unidades podría causar variaciones del pH en cual-quer dirección.

En la práctica se ha encontrado que la calidad del efluente se mejora si la corrida de servicio se para antes del punto final.

Si esto no es muy sensible o no puede emplearse por limitaciones de agua o unidades es preferible operar por lecturas del medidor, operando la corrida antes de que se alcance la capacidad esperada.

No debe esperarse una corrida de servicio que exceda la capacidad esperada y dada en los datos de operación. La capacidad en galones está basada en el análisis de agua dado y cambiará si el análisis cambia.

La capacidad en kilogramos puede variar también si el análisis cambia considerablemente.

Si una unidad pasa consistentemente de su punto final antes de que se alcance la capacidad esperada en galones, el contenido aniónico del agua pretratada es probable haya aumentado. La capacidad esperada de la unidad deberá calcularse de un nuevo análisis y la corrida deberá acortarse.

Cuando una unidad aniónica para remoción de sílice se acerca a su capacidad esperada, debe efectuarse una prueba para determinar sílice.

Si la fuga de sílice aumenta considerablemente antes de que se alcance la capacidad esperada en galones, el contenido aniónico del agua pretratada ha aumentado. La capacidad esperada de la unidad, aniónica debe recalcularse y la corrida acortarse.

La corrida únicamente deberá alargarse si el análisis muestra que el contenido iónico del agua ha disminuido, o si la calidad de ésta queda siempre debajo de los puntos finales al término de la corrida.

El cambio deberá efectuarse en pequeños incrementos siguiendo tres ciclos completos entre cambios.

Durante un período de bajo flujo, debido a un al macenamiento total de agua, la Conductividad después de la unidad aniónica puede aumentar momentáneamente arriba del límite. Después de unos cuantos minutos de corrida, caerá nuevamente.

Si por alguna razón una unidad ha salido de servicio por más de una hora, debe lavarse (enjuagarse) antes de meterla en servicio.

Si la conductividad va más allá del punto final -- en una unidad, mantenga esa unidad en servicio por durante cinco minutos. Si la conductividad retorna a su valor normal, la unidad puede continuar en servicio. Si permanece más allá del límite dado en los datos de operación, la unidad requiere regeneración.

4.5. DATOS DE OPERACION DE CATIONES FUERTES Y ANIONES.

Unidad Catiónica -4 unidades	132" Diam. x 168" P.R.
Material de Intercambio Iónico	Amberlite IR-120
Litros por unidad	19,753 (698 ple ³)
Kilogramos por unidad	14,293 (total)

CATIONES TOTALES:

Calcio	20 ppm como CaCO ₃
Magnesio	80 ppm como CaCO ₃
Sodio	440 ppm como CaCO ₃
Alcalinidad	169 ppm como CaCO ₃
Acidez Mineral Total	372 ppm como CaCO ₃

(cualquier variación en este análisis, causará variaciones en la capacidad y efluente obtenido).

Flujo por unidad (actual)	1892.5 LPM
Flujo por unidad (futuro)	2129 LPM
Flujo por tren, cuando un tren está en regeneración (actual)	2839 LPM

CALIDAD DE AGUA TRATADA:

sodio	10 ppm como CaCO ₃
acidéz mineral libre	10 pp, como CaCO ₃
Conductividad (esperada)	50 micromhos

CONTRALAVADO 1a.)

Flujo a 10 a 20°C	2157 LPM.
Tiempo mínimo	15 min.
Presión 10 - 20°C	3.51 Kg/cm ²

REGENERACION:

Tipo de Regenerante	H ₂ SO ₄ al 98%
Acido Kg. por cada pie ³ de resina	3.632 (8 lbs.)
Acido Kg. por cada regeneración	2535
Flujo ácido al 98%	31 LPM Condiciones de la 1a.
Tiempo	46 mn. regeneración
Presión bomba Dosificadora	3.51 Kg/cm ²
Flujo de agua de dilución	1771 LPM
	32" Diam. x 150" P.R.
Flujo	5677.5 LPM
Presión de entrada	2.6 Kg./cm ²
Entrada Gas	149 ppm como CO ₂

CALIDAD ESPERADA EN EL EFLUENTE:

Salida de Gas	10 ppm como CaCO ₃ a 21°C
Potencia del ventilador	5 H.P.
Capacidad	172.47 m ³ /min.

BOMBAS DE TRANSFERENCIA (número) 4

Capacidad	2838.75 LPM
-----------	-------------

Fabricante	Worthington
Modelo	4CNA-104
Motor	40 H.P. TCCV
Capacidad (Cuando una de las unidades aniónicas está en regeneración).	3860.7 LPM.
Presión de descarga	3.89 Kg./cm ²
Capacidad =	1533m ³ /reg.
agua de Reg. =	75 gal/plie ³
agua de Reg. =	173 m ³ /unidad.

DATOS DE OPERACION

Unidad Aniónica - 4 aniones	132" Diam. x 156" P.R.
Material de intercambio iónico	Amberlite IRA-94S/IRA-4025
litros por unidad	9141/6084 (323/215 pie ³)

ANIONES TOTALES INTERCAMBIADOS DE LA TORRE DESCARBO

NATADORA

Bióxido de carbono	10 ppm como CaCO ₃
Sílice	50 ppm como CaCO ₃
Sulfatos y cloruros	371 ppm como CaCO ₃

(Cualquier variación de este análisis, causará variaciones en -- la capacidad y efluente obtenido).

Flujo por unidad actual	1892.5 LPM
Flujo por unidad futuro	2129 LPM

Flujo por tren cuando un tren está
en regeneración (actual) 2839 LPM

CALIDAD AGUA TRATADA:

Sílice 0.1 ppm como CaCO_3
Electrolitos 10 ppm como CaCO_3
Conductividad (esperada) 50 micromhos

CONTRALAVADO (la.) se elimina

REGENERACION

Tipo de Regenerante NaOH al 50%
Cáustico Kg. por cada pie³ de
resina 2.27 (5 lbs.)
Cáustico Kg. por cada regenerante $1221.26 \times 2 = 2442.52$
Flujo Cáustico al 50% 26.6 LPM
Tiempo 60 min.
Presión Bomba Dosificadora 3.51 kg/cm^2
Flujo de Agua Dilución 969 LPM
Presión de Suministro 3.48 kg/cm^2
Flujo total de Cáustico Diluido 995.6 LPM
Concentración de Cáustico a la
entrada de las unidades 2%
Temperatura Entrada Unidades 49°C

ENJUAGUE LENTO (DESPLAZAMIENTO CAUSTICO)

Flujo	969 LPM
Tiempo	9 min.
Presión de Suministro	3.48 kg/cm ²

CONTRALAVADO:

Flujo	719 LPM
Tiempo	28 min.
Presión de Suministro	3.48 kg/cm ²

ENJUAGUE RAPIDO:

Flujo	2157 LPM
Tiempo	40 min.
Presión de Suministro	3.48 kg/cm ²

CONCENTRACION EN EL EFLUENTE ANION:

Sílice	0.1 ppm como CaCO ₃
Electrolitos	10 ppm como CaCO ₃
Conductividad	50 micromhos.

4.6 OPERACIONES DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA:

La planta desmineralizadora consiste en unidades catiónicas que operan en paralelo, enviando el efluente a un descarbonatador. El agua de descarbonatador es bombeada de la -- cisterna hacia las unidades aniónicas, las cuales también operan en paralelo, enviando el agua desmineralizada a servicio.

OPERACION DE SERVICIO:

Con la planta en servicio. -

1. - Todas las válvulas de bloqueo en las unidades están abiertas.
2. - La válvula de diafragma, controlada por el flotador en la cisterna del descarbonatador está abierta.
3. - Todas las válvulas "Hydromatic" están en posición de servicio.
4. - El "abanico" del descarbonatador deberá operar al mismo tiempo que el agua fluya hacia el interior de éste, proveniente de las unidades catiónicas.
5. - Una bomba impulsora envía el agua a la unidad aniónica. Sin embargo, si el nivel de agua en la cisterna es bajo, un controlador de bajo nivel para automáticamente la bomba.
6. - Las válvulas de succión y descarga de la bomba impulsora en uso, deben estar abiertas. La velocidad de flujo de las unidades aniónicas. Esto prevendrá que la válvula de diafragma a la entrada del descarbonatador abra y cierre constantemente.

El ciclo de servicio continuará hasta que se haya tratado la capacidad esperada en galones. Los medidores de

agua deben incluir alarmas para señalar el final del ciclo.

Los instrumentos de conductividad están aceptados para medir la conductancia del agua desmineralizada. Durante el servicio, el agua tratada deberá tener la calidad dada como promedio en los datos de operación, de las unidades aniónicas. A medida que el ciclo finaliza, la calidad debe aproximarse a los valores dados como finales.

Si la conductividad del agua desmineralizada sube, debe checarsé la conductividad después de cada unidad aniónica. Si alguna de ellas tiene conductividad alta y el resto está normal, ésta requiere regenerarse.

Sin embargo, si todas las unidades aniónicas se encuentran igualmente altas, el aumento de conductividad es debido a la fuga de cationes.

Cheque cada una catiónica para determinar cuál necesita generación. Si éste es el caso, una vez regenerada la unidad catiónica, la conductividad y la (FMA) ACIDEZ MINERAL LIBRE después de cada unidad aniónica caerá bruscamente.

No se espere que el ciclo de servicio exceda la capacidad esperada en los datos de operación; considérese que -

la capacidad en galones está basada en el análisis del agua dada y que cambiará si dicho análisis difiere. La capacidad en Kilogramos también puede variar si el análisis cambia considerablemente.

Cuando una unidad aniónica está cerca de su capacidad esperada debe efectuarse una prueba de sílice. La fuga de sílice no causa un aumento notable en la conductividad, y -- por lo tanto, ésta no da confiabilidad para el punto final del ciclo.

Si la fuga de sílice va más allá de los valores esperados antes de que se alcance la capacidad de las unidades aniónicas, significa que el contenido de los aniones del agua -- pretratada ha aumentado, por lo que se debe recalcular la capacidad del anión y acortarse el ciclo.

Por otra parte, si la unidad catiónica se ha agotado antes de su capacidad esperada, también debe acortarse -- el ciclo.

Únicamente debe alargarse el ciclo si el análisis muestra que el contenido de iones del agua ha disminuido o si la calidad obtenida está dentro de los límites requeridos al finalizar el ciclo. De todas maneras, el cambio debe efectuarse --

en pequeños incrementos, permitiendo 3 ciclos completos entre cambios.

Durante un período de bajo flujo, como cuando se tiene un alto nivel en la cisterna del descarbonatador y la válvula de diafragma cierra, la conductividad después de la unidad aniónica puede elevarse momentáneamente arriba del límite. Después de unos minutos de servicio caerá nuevamente.

Si una unidad ha salido de servicio por alguna razón por más de una hora, ésta debe de enjuagarse antes de meterse nuevamente en servicio.

4.7. OPERACION DE UNIDADES CATIONICAS Y ANIONICAS.

La suma de los sulfatos, cloruros y nitratos en el agua cruda, se considera como acidez mineral técnica (TMA). La acidez actual en el agua, después de la unidad catiónica se considera como la acidez mineral libre (FMA) y se determina por pruebas químicas.

Si el intercambio fuera 100% completo, y todo el calcio, magnesio y sodio en el agua cruda fueran cambiados por hidrógeno, la FMA sería igual a la TMA. Sin embargo, a menos que se usen cantidades prohibitivas de ácido en la regenera

ción, no todos los cationes son intercambiados. La pequeña cantidad que pasa se denomina "fuga de cationes". Debido a esta fuga, generalmente la FMA es menor que la TMA siendo la diferencia igual a la fuga de cationes en ppm.

FUGA DE CATIONES = TMA - FMA

Dado que el material zeolítico retiene al calcio y al magnesio (divalente) más que al sodio (monovalente), la fuga de cationes es generalmente de sodio en su totalidad. Las unidades aniónicas no remueven el sodio (ni otros cationes) de tal manera que la fuga de cationes pasará a través de la unidad aniónica siendo medidos como conductividad en el agua desmineralizada.

La fuga de cationes es la llave a la conductividad y al contenido total de electrolitos del agua desmineralizada; alta fuga causará alta conductividad, esto es, pobre calidad del agua. La cantidad de fuga depende de la cantidad de ácido usado en relación al análisis del agua pretratada y a la cantidad tratada.

El uso de más ácido mejorará la calidad del efluente al promover un intercambio más completo y de esta forma reducir la fuga de cationes. Generalmente la fuga de cationes es alrededor del 2% del influente de cationes.

La fuga a través de la unidad catiónica no es constante debido a que el exceso de la regeneración del ácido es lavado de la unidad, la FMA cae hacia la TMA.

La corrida puede iniciarse cuando la FMA está 10 ppm arriba de la TMA del agua cruda (ó 10% más alto. Si la TMA está arriba de 100 ppm).

Si la unidad aniónica de un par de catión-anión se va a regenerar inmediatamente después del enjuague del catión, el enjuague final puede quedar entre 500-1000 ppm de FMA.

La FMA cae entonces abajo de la TMA por una cantidad igual a la fuga de cationes y permanece a ese nivel por el resto de la corrida continúa aumentando la FMA ligeramente.

Hacia el fin de la corrida de servicio, la fuga de cationes aumenta bruscamente y se refleja por una caída brusca en FMA.

Cuando la fuga de cationes aumenta alrededor de 4% de los cationes de efluente, la corrida se suspende y la unidad se regenera.

La caída de la FMA puede detectarse ya sea por pH o por medición de conductividad. A medida que la FMA dis-

minuye, el pH aumenta bruscamente, o bien a medida que la FMA cae, la conductividad en la unidad catiónica, (salida) cae bruscamente; tales mediciones son útiles para múltiples arreglos unitarios así como para plantas descarbonadoras entre las unidades catiónicas y aniónicas. Las plantas consisten únicamente de un catión y de un anión sin el descarbonador, o plantas con unidades múltiples arregladas en pares de cationes y aniones pueden operarse satisfactoriamente con un instrumento de conductividad midiendo solamente la calidad del efluente de la unidad aniónica.

Debe notarse que donde la TMA del agua de entrada sea alta y se desee limitar la fuga de cationes a solo unas cuantas ppm al final de la corrida, la caída en la FMA al fin de ésta será pequeña comparada con la TMA. En estos casos en cambio el pH o conductividad será pequeño y difícil de medir en la mayoría de los instrumentos.

Es mejor en estos casos determinar el final de la corrida catiónica por medición, o empleando la conductividad del efluente del anión como prueba.

REGENERACION. - Las unidades aniónicas siempre deben de regenerarse con agua descatonizada. En el caso de unidades pa--

readas, la unidad catiónica debe de regenerarse primero en tal forma que el efluente catiónica puede usarse para regenerar.

El tiempo de contacto es el tiempo que toma el volumen entero de la aducción en pasar un punto de la cama. Generalmente, parte del tiempo de contacto se obtiene cuando el regenerante es arrastrado durante el desplazamiento.

La resina base débil requiere de 15 a 25 minutos de contacto, mientras que las resinas de base fuerte pueden requerir de 60 a 90 minutos de contacto. Las velocidades de flujo y los tiempos dados en los datos de operación han sido calculados para dar el tiempo de contacto necesario y debe de seguirse con adición que preste completamente regenerante fresco a las superficies de intercambio y arrastre los productos de lavado. Si el flujo se detiene los productos se acumulan en las superficies y la regeneración se para esencialmente.

Las operaciones de esta naturaleza añaden poco a la eficiencia de regeneración.

En la regeneración de unidades para eliminación de sílice. La temperatura requerida por la solución cáustica variará con las cantidades relativas de sílice, dióxido de carbono y FMA en el agua de entrada con la cantidad de sosa usada en-

la regeneración y con el contenido de sílice requerido en el efluente.

OPERACION DE LA PLANTA DE CATIONES DEBILES.

1. - La sección de cationes débiles es donde se inicia el tratamiento de agua pretratada y está antes de la Sección existente de cationes fuertes, usando la línea de carga y el cabezal colector de efluente, cationes débiles, siendo así una operación continua.

2. - OPERACION NORMAL.

En la operación normal se espera una producción de agua/ciclo de 1,220, 183 galones y el tiempo a horas producción/ciclo de 40.67 hrs., para esto se deberá seguir el procedimiento de alineamiento:

a). - Abrir válvulas automáticas, D-1 y D-2.

b). - Ajustar un flujo de 2233 LPM mediante su válvula manual de admisión de agua pretratada.

3. - REGENERACION.

La regeneración de cationes débiles será, principalmente mediante el uso de la solución ácida, efluente de la última parte de la regeneración de cationes fuertes (SAG) y, como

segunda opción, mediante la dosificación de ácido concentrado a la corriente de agua pretratada, tal como se realiza actualmente en cationes fuertes para llevar a cabo una regeneración se procederá de la siguiente forma:

Primera opción: ACIDO DILUIDO DE SAG.

Primer Retrolavado.

a). - Abrir válvulas automáticas D-3, D-4 y D-8.

b). - Abrir válvula manual de agua pretratada y ajustar el flujo hasta 1800 LPM durante 20 minutos, ver lectura en su correspondiente FI (1,2,3 ó 4).

Inyección ácida.

a). - Abrir válvulas automáticas D-5, D-6, D-7, FV-6 y FV-7.

b). - Alinear mediante FV-7 el agua pretratada y ajustar flujo por manual aproximado 1000 LPM.

c). - Arrancar bomba de agua ácida BA-2223 y controlar su flujo mediante FV-6 en manual hasta 2875 LPM.

d). - Controlar el flujo de 2875 LPM mediante las válvulas FV-6 y FV-7 leer en FI-5 medidor total de flujo.

e). - Verificar la concentración del efluente mediante análisis el cual deberá ser 0.7% - 1.0% max. de H_2SO_4 .

Controlar mediante FV-6 y FV-7 procurando un flujo constante.

f). - Meter a operar los controladores FRC-6 y FRC-7 en automático durante 120 minutos, cuidando que la concentración y el flujo permanezcan en los límites prefijados.

REPOSO.

- a). - Dejar reposar la resina durante 20 minutos.
- b). - Mediante FV-7 alinear agua pretratada y -- controlar un flujo de 985 LPM durante 11 minutos en automático con FPC-7.

SEGUNDO RETROLAVADO.

- a). - Abrir válvulas automáticas, D-3, D-4 y -- D-8.
- b). - Controlar el flujo en su correspondiente FI (1, 2, 3, ó 4) 1800 LPM mediante su válvula manual y mante--nerlo así durante 10 minutos.

ENJUAGUE

- a). - Abrir válvulas automáticas D-1, D-6 y D-8.
- b). - Ajustar flujo de 2540 LPM mediante su válvula manual durante 49 minutos.

Segunda opción. - REGENERACION CON ACIDO-SULFURICO CONCENTRADO.

Inyección de Acido.

Todas las operaciones mencionadas anteriormen

te son realizadas excepto la operación "inyección de ácido", la cual se lleva a cabo como sigue:

- a). - Abrir las válvulas automáticas, D-5, D-6 y D-8.
 - b). - Alinear el agua de dilución mediante FV-7 y ajustar un flujo de 2800 LPM manual.
 - c). - Operar el circuito de inyección de ácido, -- mediante su interruptor correspondiente.
 - d). - Mediante análisis de conc. de H_2SO_4 llevar a una concentración de 0.7 - 1.0% max., variando la FV-8 y -- FV-7.
 - e). - Mantener un flujo de 2875 LPM y una concentración de 0.7 - 1.0% max., operar el FRC-7 en automático -- durante 120 min.
4. - En la regeneración de cationes débiles, el -- efluente se enviará durante los retrolavados y enjuagues a través de la válvula automática D-8, y a la pileta SAR durante la inyección ácida y el desplazamiento a través de la automática D-7. -- También se cuenta con facilidades para enviar cualquiera de las corrientes hacia CT-501.
5. - La regeneración de los cationes fuertes se -- hará con agua pretratada de cationes débiles, con la dosificación adecuada de ácido sulfúrico concentrado.

6. - Circuitos adicionales. - Se cuenta con un circuito de protección para las bombas de agua ácida BA-2223, mediante el cual se abrirá automáticamente la válvula FV-12 de recirculación hacia la piletta SAG; este se llevará a cabo cuando la presión en la descarga de las bombas exceda de 7.0 Kg/cm^2 y volverá a cerrar la recirculación cuando la presión baje a 6.0 Kg/cm^2 . Se cuenta además con un circuito de recirculación de agua ácida de inyección hacia las piletas SAR o SAG, para cuando ésta agua ácida de inyección esté fuera de especificación en cuanto a concentración se refiera.

La válvula automática D-13 es operada manualmente mediante un interruptor que está localizado en tableros locales.

7. - Tableros locales. - Se cuenta con un tablero local por cada unidad ICD, y donde está perfectamente localizados los interruptores para actuar cada una de las válvulas automáticas y desde éstos controlar todas las operaciones necesarias para la regeneración y el pretratamiento.

8. - La presión mínima de agua de suministro deberá ser 4.5 Kg/cm^2 .

9. - La planta de cationes débiles está protegida intrinsecamente para fallas de corriente eléctrica, debido a -- que las solenoides son normalmente de-energizadas.

La protección a falta de aire de instrumentos - está asegurada por las válvulas automáticas ya que estas tienen operador con resorte y cualquier deficiencia de aire tienden a - cerrar o abrir según lo requiera el proceso, protegiendo así la operación de la planta. (FIG. 4.2)

Secuencia de Operación de válvulas para unidades catiónicas.

(I) Retrolavado.

(a) Abrir venteo de la unidad a retrolavarse.

(b) Abrir válvulas automáticas en el siguiente orden, para impedir se prestone la unidad: No. 50, 25, 17.

(c) Abrir la válvula manual de mariposa de salida de drenaje.

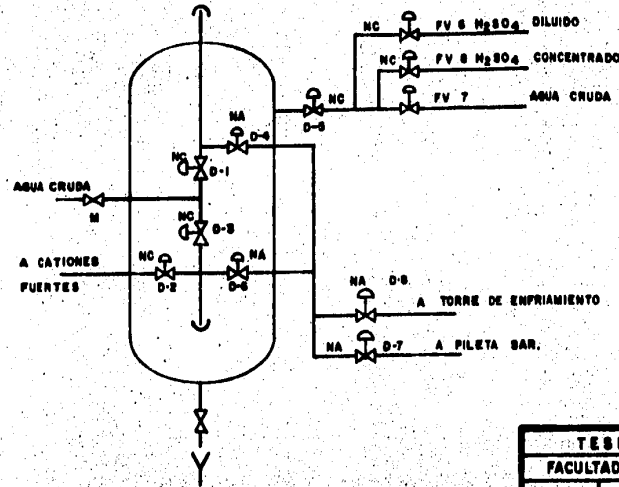
(d) Controlar el flujo con la manual de mariposa de entrada de agua pretratada que se encuentra en la parte posterior de la unidad, hasta que el efluente salga limpio.

(II) Agua de dilución e inyección de ácido.

(a) Abrir venteo de la unidad para verificar si está llena.

FIG. 4.2

Nº	OPERACIONES	FLUJO L P M	TIEMPO MIN.	POSICION DE VALVULA												
				D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	FV-6	FV-7	FV-8	AMAM		
1	OP. NORMAL	2233	---	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2	10% RETROLAVADO	1000	20	C	C	A	A	C	C	A	A	C	A	C	C	C
3	INYECCION ACIDA	2018	120	C	C	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	C
4	REPOSO	0	20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5	DESPLAZAMIENTO	968	11	C	C	C	C	A	A	A	C	C	A	C	C	C
6	20% RETROLAVADO	1000	10	C	C	A	A	C	C	C	A	C	C	C	C	C
7	ENJUAGUE	2540	48	A	C	C	C	A	C	A	C	C	C	C	C	C
8	OP. NORMAL	2233	---	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C



TESIS PROFESIONAL	
FACULTAD DE QUIMICA	U. N. A. M.
V. B. N.	SECUENCIA DE OPERACION
F. C. R.	DE VALVULAS DE UNIDADES CATIONICAS DEBILES.

(b) Cerrar válvula de mariposa de entrada de --
 agua pretratada a la unidad.

(c) Abrir válvulas automáticas No. 26 y No. 41 y
 cerrar 25 y 17 abrir los manuales correspondientes.

Una vez que se tiene flujo a través de la unidad,
 controlarlo con la válvula No. 41 manual y el flujo requerido y po
 ner en operación la bomba ó la botella de acuerdo a las instruccio
 nes anteriormente descritas.

(III) Desplazamiento.

(a) Poner fuera de operación la bomba o la bote
 lla de acuerdo a los pasos que se describieron para las mismas.

(IV) Segundo retrolavado.

(a) Cerrar las válvulas manuales siguientes: No.
 63, 50 y 41.

(b) Abrir el venteo y comprobar que esté llena
 la unidad.

(c) Cerrar las válvulas automáticas siguientes:
 No. 26 y 41.

(d) Abrir nuevamente la válvula manual 50 y las automá

ticas 25 y 17 y posteriormente la de mariposa de entrada de agua pretratada a la unidad y controlar el flujo deseado con la misma.

(V) Enjuague Rápido.

(a) Abrir venteo a la unidad y comprobar que es té llena,

(b) Cerrar la válvula de mariposa de llegada de agua pretratada a la unidad y cerrar las automáticas No. 25 y 17.

(c) Abrir las automáticas No. 1 y 26 y válvula manual de mariposa de llegada de agua pretratada a la unidad, y controlar el flujo deseado con la misma.

(VI) Alineación de la Unidad.

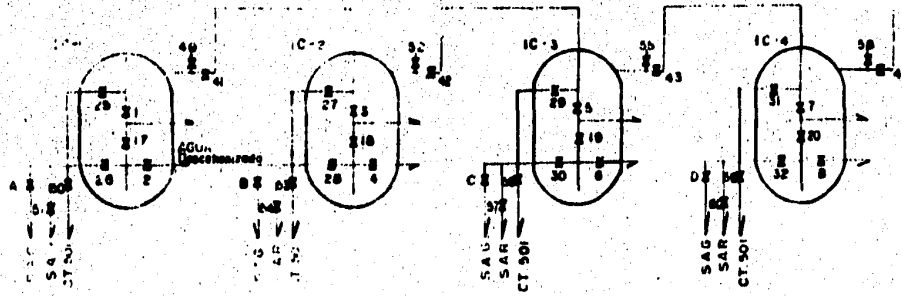
(a) Abrir venteo y comprobar que está llena la unidad.

(b) Cerrar la válvula de mariposa de llegada de agua pretratada a la unidad y posteriormente la válvula manual No. 50, inmediatamente después cerrar válvulas automáticas No. 50 y 26.

(c) Abrir automática No. 2 y su manual respectiva e inmediatamente abrir nuevamente la manual de mariposa de llegada de agua pretratada quedando en servicio de esta manera la unidad (fig. 4.3)

NOTA: Todos los pasos anteriormente descritos se efectuaron para las demás unidades con sus válvulas respectivas.

FIG. 4.3



SERVICIO	NORMAL	IC - 1	IC - 2	IC - 3	IC - 4
1° RETROLAVADO		1 2	3 4	5 6	7 8
1° RETROLAVADO		17 25 50	18 27 53	19 29 56	20 31 59
AGUA DE DILUCION		63.41.26 51	63.42.28 54	63.43.30 57	63.44.32 60
0.60% INYECCION ACIDA		61.63.41.26 51	61.63.42.28 54	61.63.43.30 57	61.63.44.32 60
80-100% INYECCION ACIDA		61.63.41.26 A	61.63.42.28 B	61.63.43.30 C	61.63.44.32 D
DESPLAZAMIENTO		63.41.26 A	63.42.28 B	63.43.30 C	63.44.32 D
2° RETROLAVADO		17 25 50	18 27 53	19 29 56	20 31 59
ENJUAGUE RAPIDO		1 26 50	3 38 63	5 30 56	6 32 60

TESIS PROFESIONAL

FAC. QUIMICA UNAM

V. B. H. SECUENCIA DE OPERACION
 F. C. R. DE VALVULAS DE UNIDADES CATIONICAS FUERTES

Secuencia de Operación de válvulas para unidades aniónicas.

(I) Agua de dilución.

(a) Abrir válvula automática de entrada de agua decationizada a unidad en este caso la 45 y su manual respectiva.

(b) Abrir válvula automática No. 64 a la salida del calentador y fijar el "set-point" a 49°C.

(c) Alinear válvulas de mariposa de entrada y salida del calentador y abrir la válvula automática de salida de drenaje No. 34 del anión 1.

(d) Inmediatamente después abrir manual de entrada de volante, de entrada de agua decationizada al calentador y controlar el flujo con la manual de mariposa de entrada al mismo.

(e) Una vez controlado el flujo y el manómetro marcando 7.3 Kg/cm^2 , abrir el vapor, ya sea por el directo o automático.

(f) Meter en operación la bomba de sosa, abriendo primeramente la válvula de descarga del tanque, succión de la bomba y descarga de la misma y controlar la concentración de sosa de entrada a la unidad al 3%.

(II) Desplazamiento.

(a) Poner fuera de operación la bomba, cerrar vapor y con válvula de mariposa de entrada al calentador controlar flujo a una presión de 8.4 Kg/cm^2 .

(III) Enjuague Primario.

(a) Cerrar válvula de volante de entrada de agua decationizada al calentador, cerrar válvulas de entrada y salida al calentador y manual No. 45. Inmediatamente después cerrar automáticas en el siguiente orden: 34, 45, 64.

(b) Abrir venteo y verificar si está llena la unidad.

(c) Abrir válvulas automáticas en el siguiente orden 34 y 9 y entrada manual a la unidad, y controlar el flujo con la misma.

(IV) Retrolavado.

(a) Cerrar válvula de volante de entrada de agua decationizada a unidad e inmediatamente cerrar válvulas automáticas en el siguiente orden: 34 y 9

(b) Abrir venteo y comprobar que esté llena la unidad.

(c) Abrir válvulas automáticas en el siguiente orden: 33 y 21 e inmediatamente abrir válvula manual de entrada de agua decationizada y controlar el flujo con la misma válvula.

(V) Enjuague Rápido.

(a) Bloquear válvula manual de entrada de agua-decatiónizada y posteriormente válvulas automáticas en el siguiente orden: 21 y 33. Abrir el venteo y comprobar que esté llena la unidad.

(b) Abrir válvulas automáticas en el siguiente orden: 34 y 9 e inmediatamente después abrir válvula manual de entrada de agua decationizada a la unidad y controlar el flujo deseado con la misma.

(c) Efectuar el enjuague hasta la calidad requerida del efluente.

(VI) Servicio Normal.

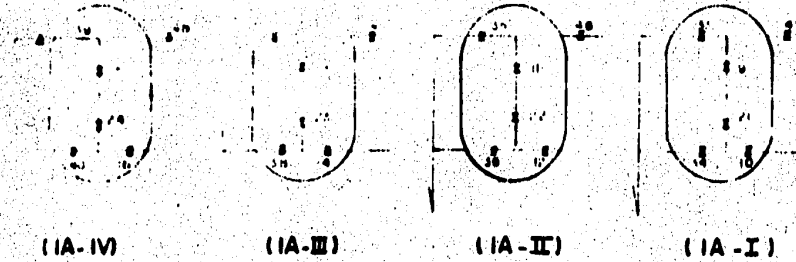
(a) Bloquear válvula manual de entrada de agua-decatiónizada a la unidad e inmediatamente después bloquear -- válvulas automáticas No. 34.

(b) Abrir válvula automática No. 10 e inmediatamente abrir válvula manual de entrada de agua decationizada a unidad y la unidad estará en servicio. (FIG. 4.4)

NOTA: Efectuar los pasos anteriores con las demás unidades y sus respectivas válvulas.

También se les recuerda que a intervalos regulares deberán abrirse los venteos de las unidades catiónicas y -

FIG. 4.4



	IA-I	IA-II	IA-III	IA-IV
SERVICIO NORMAL	9, 10	11, 12	13, 14	15, 16
AGUA DE DILUCION	64, 48, 34	64, 48, 36	64, 47, 38	64, 48, 40
INYECCION DE SOSA	62, 64, 45, 34	62, 64, 46, 36	62, 64, 47, 38	62, 64, 48, 40
DESPLAZAMIENTO	64, 48, 34	64, 48, 36	64, 47, 38	64, 48, 40
ENJUAGUE PRIMARIO	9, 34	11, 36	13, 38	15, 40
2º RETROLAVADO	21, 33	22, 35	23, 37	24, 39
ENJUAGUE RAPIDO	9, 34	11, 36	13, 38	15, 40

TESIS PROFESIONAL	
FAC. QUIMICA	UNAM
V. B. H.	SECUENCIA DE OPERACION
F. C. R.	DE VALVULAS DE UNIDAS ANIONICAS.

aniónicas que estén en servicio para examinarse en aire que --
pudiesen tener y se llenen nuevamente con agua.

(I) Secuencia para meter en operación bomba de inyección de ácido sulfúrico a unidades catiónicas.

(1) Alinear tanque de ácido sulfúrico concentrado.

(2) Abrir válvula de descarga al drenaje.

(3) Abrir válvula a la salida de bombas BA-2222

A ó BA-2222-B.

(4) Abrir válvula de succión de bombas BA-2222

A ó BA-2222-B.

(5) Abrir válvula de descarga de bombas BA-2222

A ó BA-2222-B.

(6) Poner en operación bomba dosificadora de ácido BA-2222-A ó B.

(7) Abrir válvula de inyección de ácido a la línea de agua de dilución y simultáneamente ir cerrando válvula de --
descarga al drenaje.

(8) Controlar la concentración de ácido a la unidad al 3%.

(II) Secuencia de paro de bombas de inyección de ácido.

(1) Abrir válvula de descarga al drenaje, y si--

multáneamente ir cerrando válvula de inyección de ácido a la línea de agua de dilución.

(2) Parar la bomba, cerrar la válvula de descarga general y cerrar posteriormente succión y descarga de bombas en operación.

(3) Bloquear salida de tanque de ácido.

Cuando se regenere con la botella efectuar las siguientes operaciones.

(1) Verificar que se encuentre llena.

(2) Abrir válvula de aire y presionarla de 2.5 a 3 Kg/cm².

(3) Cerrar válvula de descarga general a la salida de bombas.

(4) Abrir válvula de descarga al drenaje.

(5) Abrir válvula para inyección de ácido a la línea de agua de dilución y simultáneamente ir cerrando válvula de descarga al drenaje.

(6) Controlar concentración de ácido a unidades al 3%.

(II) Secuencia de bloqueo de la botella.

(1) Abrir válvula de descarga al drenaje y simultáneamente ir cerrando válvula de inyección de ácido a la línea -

de agua de dilución.

(2) Cerrar válvula de salida de ácido de la botella.

(3) Depresionar la botella por el venteo.

4.8 PLANTA PULIDORA DE AGUA DESMINERALIZADA.

Datos Generales:

No. de Unidades: 4

Diámetro: 2.286 mts.

Altura parte recta: 3.048 mts.

Presión de operación: 5 kg/cm²

Presión de diseño: 7 kg/cm²

Recubrimiento: Hule puro No. 10 de 4.8 mm de espesor

Flujo normal: 1893 LPM (500 GPM)

Flujo máximo: 2271 LPM (600 GPM)

Ciclo de tratamiento: 24 horas.

Volumen a tratar por ciclo 2725000 litros (720000 Gal)

Resina de Intercambio:

340 litros (90 pies³) IRA - 120 (Catiónica)

511 litros (135 pies³) IRA - 402 (Aniónica)

Altura de la Cama de Resina: 1.524 mts. (60 Pulgadas)

Espacio libre: 1.524 mts. (60 pulgadas).

Regenerante ácido: Acido sulfúrico (H_2SO_4) al 4%.

Regenerante cáustico: Hidróxido de sodio (NaOH) al 4%.

Nivel de regeneración ácido: 6 lbs/ple³ de resina (H_2SO_4).

Nivel de regeneración cáustico: 6 lbs/ple³ de resina (NaOH)

Cantidad de regenerante ácido por ciclo: 245 Kg. (540 lbs)

Cantidad de Reg. Cáustico por ciclo: 368 kg. (810 lbs.)

OPERACION DE LAS UNIDADES DE LECHOS MEZCLADOS.

Regeneración:

- (a) Servicio
- (b) Retrolavado
- (c) Inyección simultánea de regenerante.
- (d) Desplazamiento
- (e) Drenado de torre
- (f) Mezcla de aire
- (g) Llenado de torre
- (h) Enjuagado

TABLAS DE FLUJOS Y TIEMPOS DE LA UNIDADES PULIDORAS

Operación	Flujo (GPH)	Tiempo (Min)	Vol Agua (Gal)
Servicio	500 (1892. LPM)	1440	720,000
Retrolavado	132 (499.6 LPM)	15	1980

Inyección Sol. Acido 45 (170 LPM)	35	1540
Acido al 98%	1 (3.785 LPM)	-
H ₂ O de dilución	44 (166.54 LPM)	-
Inyección Sol. Cáustica	59.5 (225.2 LPM)	35 1939
Sosa al 50%	3.2 (12.112 LPM)	-
Agua de dilución	55.4 (209.689 LPM)	-
Desplazamiento Acido	25 (94.625 LPM)	10.8 270
Desplazamiento Cáustico	55.4 (209.625 LPM)	10.8 602
Drenado		15 1657
Mezcla de flujo	440 pies ³ /min.	30 -
Llenado	500 (1892.5 LPM)	3.3 1657
Enjuague Final	500 (1892.5 LPM)	21 10450
Agua de drenaje		18438

Consumo aproximado de productos químicos para regeneración de unidades pulidoras.

H ₂ SO ₄ al 98%	1.3 Kg/ m ³	de agua tratada
NaOH al 50%	1.7 Kg/ m ³	de agua tratada

RESULTADOS DE OPERACION DE LA PLANTA PULIDORA.

	(I)	(II)
Calcio	0.1	0.0
Magnesio	0.5	0.0

Sodio	40.4	1.0
Total Cationes	41.0	1.0 Máximo
Bicarbonatos	0.0	0.0
Carbonatos	12.0	0.0
Hidróxidos	14.0	1.0
Cloruros	15.0	0.0
Sulfatos	0.0	0.0
Nitratos	0.0	0.0
Total de Aniones	41.0	1.0 Máximo
Determinaciones:	(I)	(II)
Dureza total	0.6	0.0
Alcalinidad M	0.0	0.0
Alcalinidad F	0.0	0.0
Dureza de no Carbonatos	0.0	0.0
Alcalinidad de Sodio	0.0	0.0
Bióxido de Carbono	0.0	0.0
Sílice	0.6	0.05
Fierro	0.0	0.0

CLAVE: (I) = Significa Agua Efluente Cation-Anión.

(II) = Agua Desmineralizada por pulidor.

La regeneración de esta planta es completamente automática, la precaución que se deberá tener es la de abrir los -
venteos en los pasos de regeneración adecuados y abrir las válvu-
las manuales requeridas.

4.9 INTEGRACION DEL ANION NO. 5 EN LA PLANTA DESMINERALIZADORA.

4.9.1 Para dar un flujo neto por unidad de 562 gal/min. y --- 2,248 gal/min. de agua desmineralizada en la planta de Tula, - con tiempo mín. funcional/ciclo de 12:00 horas se requiere incrementar la resina aniónica débil IRA-93 de 323 pies³ a 700, - (ver cálculo en hojas posteriores).

4.9.2 Tomando en cuenta el punto anterior, asimismo se requiere incrementar la altura de cada uno de los cuatro recipientes en 1.2. mts. (4 pies) Min. Con esto se asegurará el volumen requerido para la resina y además un 83% de espacio libre para la expansión de las camas al retrolavarse.

4.9.3 Va a ser necesario instalar cedazos tipo Jhonson en el distribuidor superior de cada recipiente aniónico, a fin de evitar pérdida de resina por arrastre en retrolavados, la abertura de los cedazos deberá ser tal que permita la eliminación de finos.

4.9.4 El CO₂ esperado a la entrada de los aniones, será de 26 ppm CaCO₃ en lugar de las 10 que se indicaron en el diseño, - usando el desgasificador tal como está y absorbiendo esta carga iónica en anión fuerte.

4.9.5 Para asegurar una mejor regeneración en aniones y reducir la sílice a valores menores de 0.1 ppm, es necesario que se establezca la práctica de precalentar el lecho estratificado en cada regeneración.

4.9.6 Se recomienda ver la posibilidad de regenerar los catiónes fuertes a contraflujo con el fin de disminuir la fuga de sodio.

4.9.7 Cálculo químico del Anión Débil, Amberlite IRA-93. - Se toma como base el análisis típico actual del agua cruda de pozos de Refinería Tula.

$$a) \text{ Carga iónica} = \frac{279 + 214}{17.1 \times 1000} = 0.02883 \text{ kilogramo/gal}$$

$$b) \text{ Volumen de resina real por unidad} = 323 \text{ pies}^3$$

$$c) \text{ Capacidad de Amberlite IRA-93, a } 3 \text{ lb/pie}^3 = 18 \text{ kilogramos/pie}^3$$

$$d) \text{ Capacidad de columna} = 323 \text{ pies}^3 \times 18 \text{ kilogramos/pie}^3 = 5,814 \text{ kilogramos.}$$

$$e) \text{ Producción bruta} = \frac{5,814 \text{ kilogramos}}{0.02883 \text{ kilogramos/gal}} = 201,665 \text{ gal}$$

f) Agua de servicio:

$$\text{Retrolavado} = 2.5 \text{ gal/min pie}^2 \times 95 \text{ pie}^2 \times 15 \text{ min} = 3,562 \text{ gal IE-166-69}$$

$$\text{Enjuague} = 50 \text{ gal/pie}^3 \times 323 \text{ pie}^3 =$$

$$\text{Total: } \frac{16,150}{19,712}$$

$$\text{gal IE-104-66}$$

NOTA: El agua de dilución para la sosa y la de desplazamiento del lavado lento no se toman en cuenta porque no afectan la capacidad de la resina.

$$g) \text{ Producción neta} = 201,665 - 19,712 = 183,378 \text{ gal}$$

$$h) \text{ Tiempo por ciclo (Condición normal)} = \frac{183,378 \text{ gal}}{562 \text{ gal/min}} = 326 \text{ min} \\ (5,4 \text{ hr}).$$

$$\text{Tiempo por ciclo (Flujo máximo)} = \frac{183,378 \text{ gal}}{750 \text{ gal/min}} = 244 \text{ min} \\ (4.1 \text{ hr}).$$

Los tiempos por ciclo calculados coinciden con la realidad actual, lo cual esto origina problemas en la planta, debido a las continuas regeneraciones que se tienen que hacer.

Por lo anterior, para corregir este problema es necesario incrementar el tiempo por ciclo a 12:00 hrs que es el mínimo funcional.

- i) Producción bruta para 12:00 hr/ciclo = 12 hr. x 60 min/hr.
x 562 gal/min. x 1.08 (*) = 437,011 gal
- j) Capacidad de columna = 437,011 gal x 0.02883 kilogramos/gal
= 12,599 kgr.
- k) Diferencia, kilogramos = 12,599 - 5,814 = 6,785
- l) Volumen adicional requerido de resina IRA-93 = $\frac{6,785 \text{ kilogramos}}{18 \text{ kilogramos/nos}}$
 $\frac{\text{nos}}{\text{pie}^3} = 377 \text{ pie}^3$
- m) Volumen total de IRA-93 = 323 + 377 = 700 pies³
- n) Profundidad de cama = 700 pies³/95 pies² = 7.3 pies.

4.9.8 Cálculo químico del Anión Fuerte, Amberlite IRA-402. Se toma como base el análisis típico actual del agua cruda de Refinería Tula.

- a) Carga iónica = $\frac{52 + 26}{17.1 \times 1000} = 0.00456 \text{ kilogramos/gal}$
- b) Volumen de resina, diseño = 215 pies³

c) Capacidad de la Amberlite IRA-402, a 4 lb/pie³:

Sílice, %	66
Bióxido de carbono, %	$\frac{34}{100}$

Fig. 9, Pág. 34 A-7, capacidad = 15.0 kilogramos/pie³

Volumen de resina = $\frac{437,011 \text{ gal} \times 0.00456 \text{ kilogramos/gal}}{15.0 \text{ kilogramos/pie}^3} = 133 \text{ pies}^3$

d) Profundidad de cama = $133 \text{ pies}^3 / 95 \text{ pies}^2 = 1.4 \text{ pies}$

NOTA:

La cama mínima debe ser de dos pies, según Manual Técnico IE-68-62.

e) Volumen de resina corregido a 2 pies de cama mín. = $\frac{133 \times 2}{1.4} = 190 \text{ pies}^3$

La IRA-402 incrementa su volumen en sus formas Cl⁻ 20 % y 25% en su forma OH⁻.

4.9.9.- Altura total del recipiente aniónico modificado para 12:00 - hrs. mín. de ciclo funcional.

1.- Altura de la cama = 7.3 pies + 2 pies = 9.3 pies

2.- Espacio libre para retrolavado, 83% expansión = 7.7 pies.

3.- Altura total parte recta = 9.3 + 7.7 = 17.0 pies.

4.- Altura que se necesita aumentar al recipiente actual = 17 -

13 = 4 pies

= 1.2 mts.

5. - El incremento de altura es factible siempre y cuando la caída de presión a través del estrato de resinas no sobrepase 10 lb/pulg².

4.9.10 .- Cálculo de caídas de presión a través del estrato aniónico.

1. - Flujo = 562 gal/min x 1/95 pies² = 5.9 gal/min pie².

En página 48, IE-166-69, la caída de presión para el flujo indicado en 1, es de 0.5 lb/plg² x pie de altura de IRA-93.

En página 49, IE-166-69, la caída de presión para el flujo indicado en 1, es de 0.6 lb/plg² x pie de altura de IRA-402.

2. - Caída de presión = 0.6 psia/pie x 2 pies + 0.5 psia/pie x 7.3 pies = 4.85 psia. (Condición de operación normal, 562 gal/min).

3. - Caída de presión máxima = 0.7 psia/pie x 2 pies + 0.7 psia x pie x 7.3 pies = 6.5 psia (Condición de operación a máximo flujo de 750 gal/min).

NOTA: Como el resultado de las caídas de presión para condición normal y máxima de operación está muy por abajo del límite máximo permisible, sí se puede incrementar un anillo a las unidades aniónicas como se indica en el punto número 4.9.9.

V) PLANTA POTABILIZADORA.

5. PLANTA POTABILIZADORA.

5.1) Descripción.

Esta planta fué modificada de su diseño original y relocalizada fuera del área de desmineralización, actualmente se aprovecha el agua pretratada la cual se hace pasar -- a través de filtros de carbón activado clorándose a la salida de filtros.

Capacidad nominal de la Planta Potabilizadora: $57 \text{ m}^3/\text{H}$.

5.2) FILTROS DE CARBON ACTIVADO.

Los filtros de carbón activado se usan ampliamente para eliminar olores y sabores del agua. Los filtros de carbón activado invariablemente son del tipo vertical a presión. Para evitar la acción electrofítica entre el carbón y el metal, el recipiente metálico se recubre interiormente con un plástico.

Los filtros de carbón tienen una construcción similar a los filtros de arena. Contienen una capa de carbón activado soportado por capas de grava y arena.

El peso del carbón activado es de cerca de 30 lb/pe^3 . La velocidad de filtración, dependiendo del grueso -

del lecho, varía de 4 a 6 gpm/pie², los gastos más pequeños se usan con los filtros menos altos, y los gastos más altos con los lechos más gruesos. Es necesario hacer retrolavados periódicos para mantener el lecho en buenas condiciones, la velocidad de filtración usual es de 6 gpm/pie². Si es necesaria la esterilización del lecho, es mejor efectuarla mediante vapor caliente, ya que el uso de cloro y los hipocloritos es impráctico, debido a las propiedades absorbentes del lecho filtrante.

La capacidad del carbón activado para eliminar sabores y olores es elevada, y bajo condiciones usuales una carga es suficiente para un año de servicio. Se considera buena práctica no tener en servicio a los filtros de carbón con la misma carga por más de un año de servicio ya que los filtros que se trabajan hasta su agotamiento, dan lotes de agua sin tratar. En algunas instalaciones grandes se ha practicado la reactivación del carbón, pero los análisis económicos muestran que esto no es aconsejable debido a las molestias que ocasiona.

Las sustancias orgánicas que producen los olores y sabores, generalmente se presentan en cantidades muy pequeñas. Por ejemplo la presencia del clorofenol se puede detectar hasta una parte en mil millones. Estas sustancias son usualmente de peso molecular elevado, se absorben fácilmente,

y los volúmenes de agua que se pueden tratar consecuentemente son muy grandes; debido a que la naturaleza y cantidades de -- estos compuestos varía con el tiempo, es extremadamente difícil calcular el ciclo de duración o capacidad de un filtro de carbón determinado. Debe recalcar que en aquellas industrias en que el control de olores y sabores es de vital importancia, toda el agua que se emplea se pasa por filtros de carbón activado aun -- cuando el agua sólo tenga sabores u olores unos cuantos días -- al año.

El carbón activado también tiene propiedades de eliminar color, pero los filtros de carbón casi nunca se usan con este objeto, las materias colorantes varían tanto en su origen y naturaleza que las capacidades no pueden calcularse. Los filtros de carbón activado solo se usan para eliminar olor y sabor.

5.3) DATOS DE OPERACION DE FILTROS PURIFICADORES.

- 1981 ø 1213 mm P.R.

FLUJOS POR UNIDAD:

- Servicio 473 LPM PROMEDIO - 945 LPM MAXIMA.

- Lavado 749 LPM 10 min.

- Enjuague 473 LPM 2 min.

- presión de operación 3.5 Kg/cm²
- presión de diseño 5.3 Kg/cm²

NOTA: Se anexan diagramas de bloques y resultados de análisis del efluente de la planta Potabilizadora y la especificación para agua potable. (Ver Figura 5.1 la Tabla 5.1).

FIGURA 5.1 b.

AGUA POTABLE

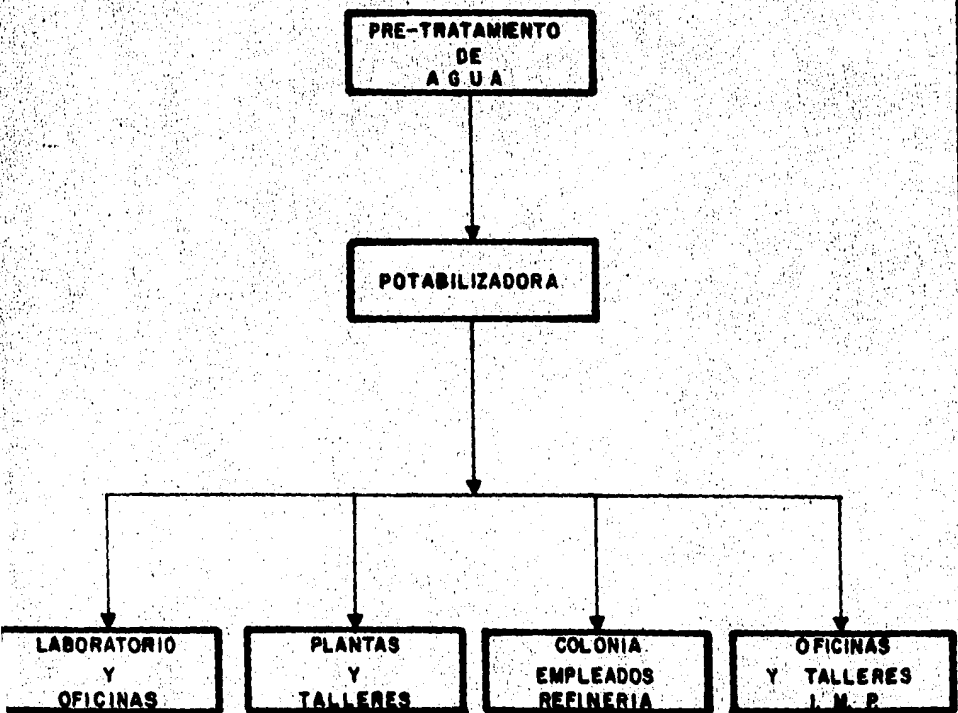


TABLA 5.1
ANALISIS DEL AGUA POTABLE.

<u>PRUEBAS</u>		<u>RESULTADO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
Dureza Total	ppm CaCO_3	122	300 Máx.
Alcalinidad total	ppm CaCO_3	70	400 Máx.
Sólidos totales	ppm CaCO_3	670	1000 Máx.
Turbidez	ppm CaCO_3	4	10 Máx.
Magnesio	ppm CaCO_3	17	125 Máx.
Fierro	ppm CaCO_3	0.0	0.3 Máx.
Cobre	ppm CaCO_3	0.0	3.0 Máx.
Plomo	ppm CaCO_3	0.0	0.1 Máx.
pH	ppm CaCO_3	9.0	10.6 Máx.
(*) Colonias acterianas, Bacterias/	2		200 Máx.
ml			
(*) Microorganismos, Coliformes, Bacterias/l	Ausentes		20 Máx.

AQUA PRETRATADA

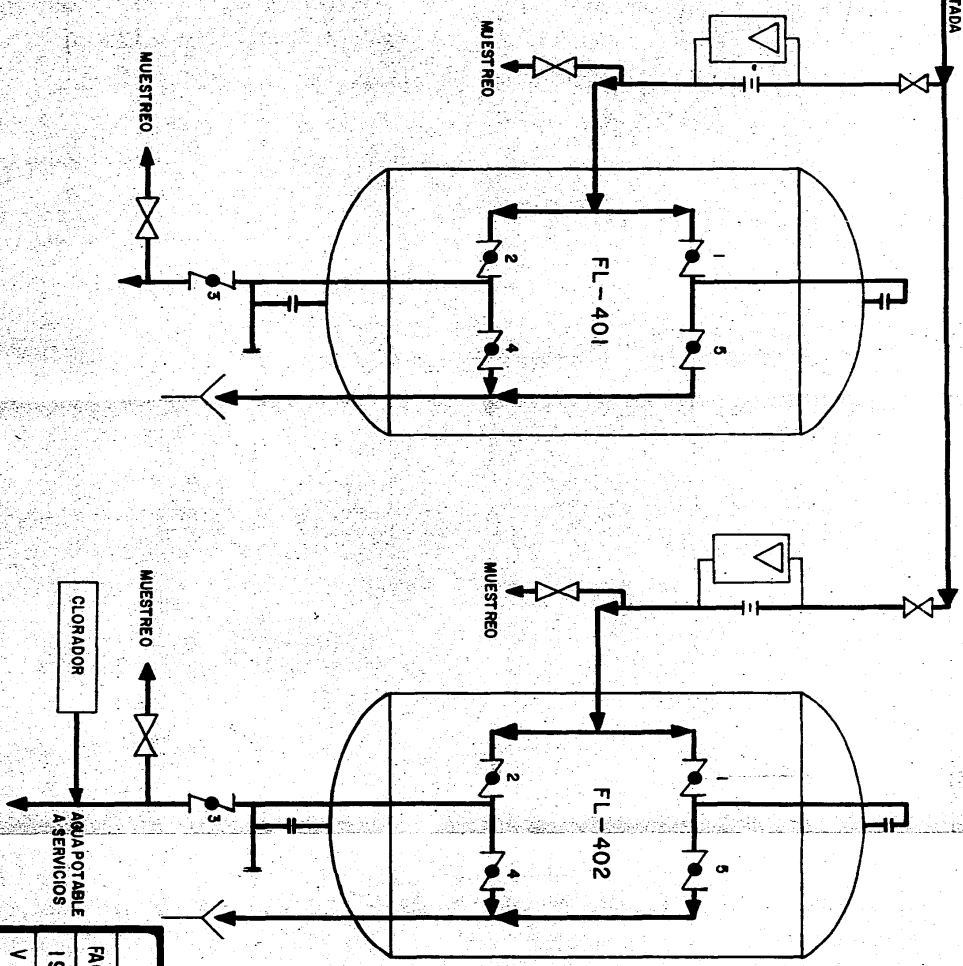


DIAGRAMA DE FLUJO

FIGURA 5.1.9.

TESIS	PROFECIONAL
FACULTAD DE QUIMICA	UNAM
1985	PLANTA
V.B.H	POTABILIZADORA
F.C.R	

VI) PLANTA NEUTRALIZADORA.

6. PLANTA NEUTRALIZADORA.

6.1. Descripción.

Se cuenta en la Refinería con dos Fosas de Neutralización de una capacidad nominal de 246 m^3 cada una de ellas, por medio de las cuales se neutraliza el agua procedente de las regeneraciones de las Unidades Catiónicas, Aniónicas y Pulidoras de la Planta Desmineralizadora así como de los drenajes del área de Materias Primas.

De esta manera el efluente de las Fosas de Neutralización a un pH de 7.0 es enviado ya sea al drenaje pluvial o bien como agua de repuesto a las torres de Enfriamiento. Además se cuenta con la facilidad para enviar el efluente ácido cuando sean regeneradas las Unidades Catiónicas con ácido sulfúrico, hacia las Torres de Enfriamiento para controlar el pH, permitiendo así el ahorro de ácido sulfúrico diluido o concentrado usado en un principio para este fin.

6.2. PARTES INTEGRANTES DE LAS FOSAS.

Cada una de las Fosas de Neutralización consta de:

- a) Dos agitadores.
- b) Una cámara con Electrodo de Inmersión con Amplificador/Transmisor integrado.

- c) Un indicador de pH.
- d) Un Desarenador.

AGITADORES.

Los cuatro agitadores son accionados con motor eléctrico de las siguientes características:

Potencia	5 HP
Fases	3
Voltaje	220/440
Velocidad	1500-1800 RPM
Frecuencia	50/60

Los agitadores entrarán en operación cuando -- el nivel de la solución se encuentre por arriba de las paletas -- de los mismos, con el fin de mantener homogénea la solución -- cuando se efectúe la inyección de la solución ya sea de ácido -- sulfúrico o de sosa según el caso, dependiendo de la Unidad o -- Unidades que se encuentren en Regeneración, recordando que -- las Unidades Aniónicas se regeneran con sosa y que las Unida-- des Catiónicas con ácido sulfúrico.

CAMARA CON ELECTRODOS DE INMERSION.

Amplifican y transmiten una señal eléctrica ha-

cia un indicador de pH y a su vez hacia un Registrador de pH - montados en tablero local para cada una de las Fosas, con el fin de conocer el pH de la solución y de esta manera abrir o cerrar la válvula de inyección ácida o básica hasta mantener un pH de 7.0.

DESARENADOR.

Se denomina así a la profundidad existente entre el nivel inferior del tubo de llegada a la Fosa de Neutralización y el fondo de la misma empleada para la sedimentación de los sólidos presentes en la solución, los cuales serán retirados antes de alcanzar esta altura.

Cada una de las partes integrantes de las Fosas de Neutralización se muestran en la figura 6.1.

En la figura 6.2 se muestra un diagrama de Bloques de la Recuperación de Efluentes de la Planta Desmineralizadora.

En la figura 6.3 se muestra un Diagrama de Proceso de la recuperación de Efluentes de la Planta Desmineralizadora.

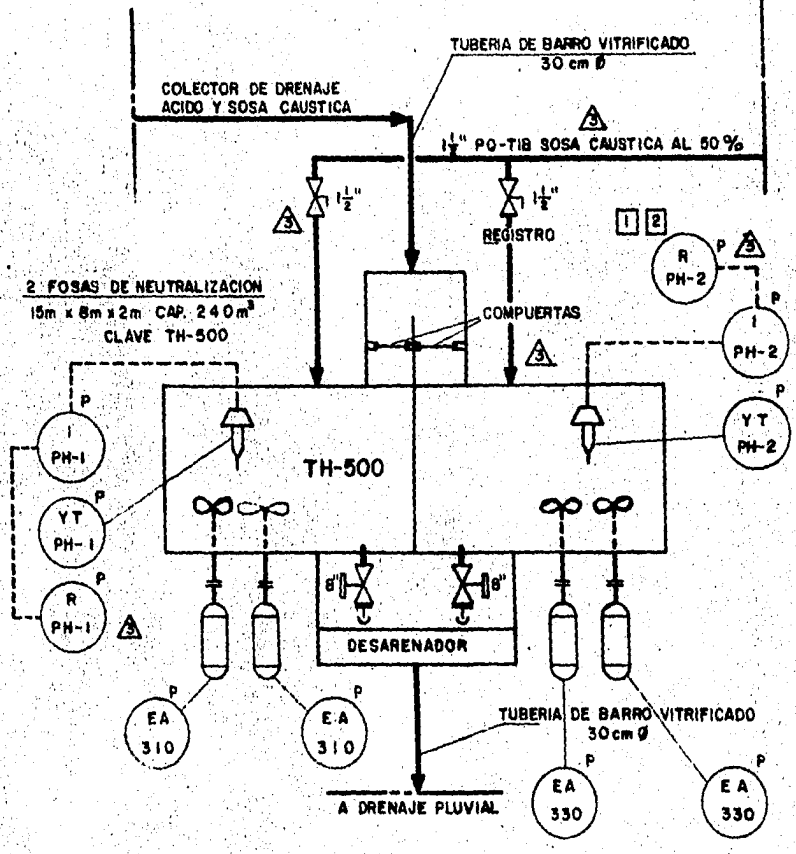
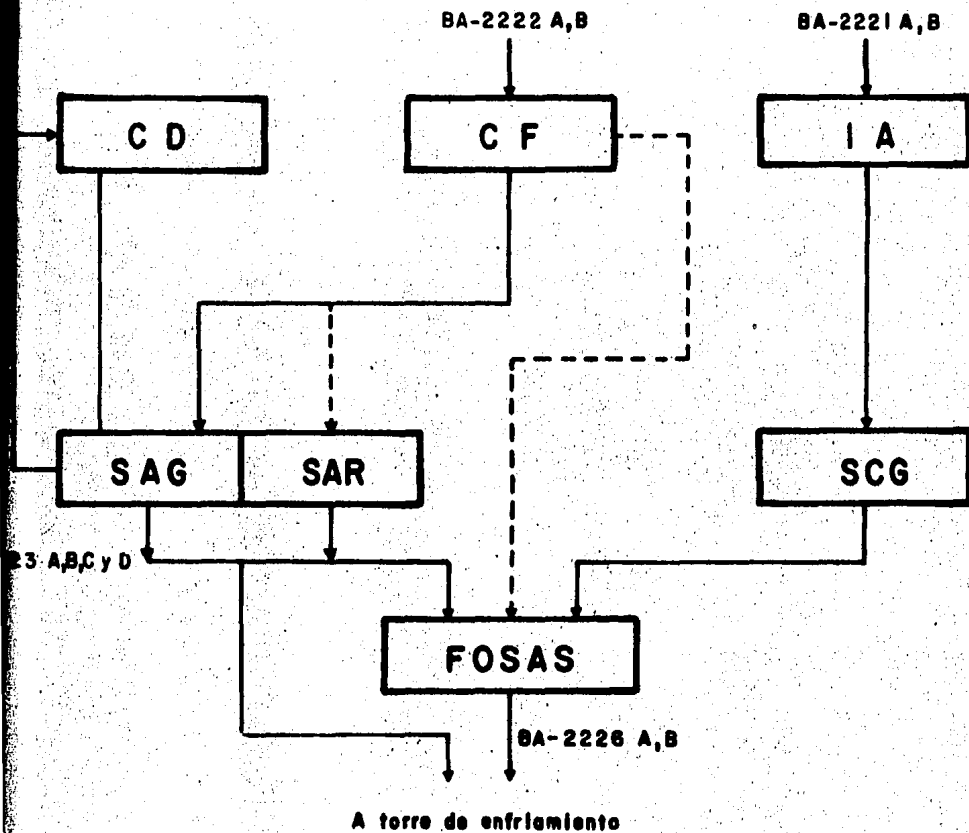


FIGURA 6.1

DIA GRAMA DE BLOQUES

RECUPERACION DE EFLUENTES DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA



CD CATION DEBIL

CF CATION FUERTE

IA ANION

SAG SOLUCION ACIDA GASTADA

SAR SOLUCION ACIDA REUSADA

SCG SOLUCION CAUSTICA GASTADA

FIGURA 6.2

DIAGRAMA DE PROCESO

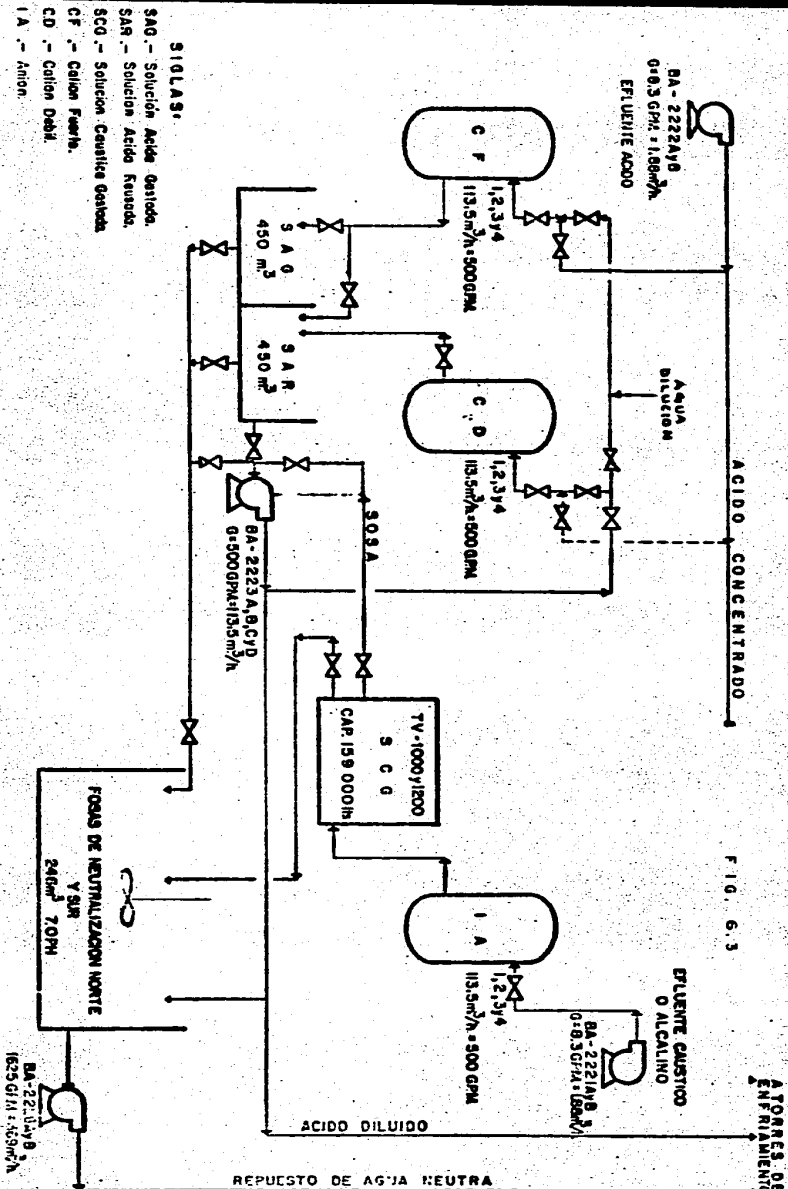


FIG. 6.3

ATORRES DE ENTRENAMIENTO

TESIS PROFESIONAL	
FAC. QUIMICA	UNAM
V.B.H.	RECUPERACION DE EFLUENTES DE PLANTA DESMINERALIZADORA
F.C.R.	

VII) TRATAMIENTO DE CONDENSADOS

7.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE CONDENSADOS.

Se recuperan dos tipos de condensados aceitoso y limpio.

El condensado aceitoso proviene de las plantas de Proceso y Area de Tanques, este condensado se recibe en un tanque vertical, TV-530, donde se estabiliza quedando separada la capa de aceite, de aquí por gravedad pasa al tanque TV-510, de donde es enviado a 7 filtros de Antracita con una precapa a base Sulfato de aluminio y carbonato de sodio para retener el aceite. La capacidad por cada filtro es de $32.4 \text{ M}^3/\text{H}$.

El condensado limpio proviene de unidades de condensación; de los Turbogeneradores de Planta Eléctrica, del Soplador y compresor de la planta catalítica y de los compresores de planta hidros y reformadora, y se recibe en un tanque vertical TV-511, de donde es enviado junto con la corriente de condensado aceitoso filtrado, a 4 unidades pulidoras que contienen resina IRC-200 grado C ciclo sodio. La capacidad máxima por cada unidad es de $85 \text{ M}^3/\text{H}$. Este condensado ya pulido se utiliza en el Desaerador de Agua de Atemperación y el exceso se envía a los tanques de almacenamiento de agua tratada. (Ver Figura 7.1).

7.2. PLANTA DE CONDENSADO ACEITOSO.

El condensado aceitoso proveniente de las plantas; Catalítica, Combinada e Hidrodesulfuradora llega a dos tanques de almacenamiento TV-510 y TV-530 con una capacidad de 1590 M³, donde por medio de bombas se enviará a los floc filtros de antracita para después pulirse en la planta de condensado limpio y almacenarse en un tanque atmosférico TV-500 y --- TV-501 de agua tratada y el excedente al desareador.

El condensado contaminado tiene la siguiente com

posición:	(I)	(II)
Aceite libre	10-15 ppm	0 ppm
Sodio Na+	0 ppm	0 ppm
Hierro Fet	0.7 ppm	0.7 ppm
Cobre Cu++	0.12 ppm	0.12 ppm
Zinc Zn++	0.25 ppm	0.25 ppm
Aluminio Al +++	0.0 ppm	0.0 ppm
Total Aniones	0.0 ppm	0.0 ppm
Total Cationes	0.0 ppm	0.0 ppm
Dureza Total Ca CO ₃	2.5 ppm	2-5 ppm

(I) = Condensado contaminado de TV-510 y TV-530.

(II) = Salida de condensado de unidades floc filtros de antracita.

El condensado a tratarse tendrá una temperatura estimada de 200° F y 60 psi de presión.

Flujo por el sistema: 3 785 LPM (1000 GPM).

Flujo por unidad: 542 LPM (143 GPM).

Flujo de retrolavado por unidad: 1 892 LPM (500 GPM).

Agua para retrolavado: Agua libre de aceite a un presión de ---
3.5 Kg/cm².

Flujo de filtrado: 115 LPM/M² (2.84 GPM/pie²)

Flujo normal por unidad: 541 LPM.

Flujo máximo por unidad: 632 LPM.

Flujo normal por el sistema: 3 785 LPM.

No. de unidades: Siete.

Diámetro: 2.44 mts.

Altura: 1.52 mts.

Presión de diseño: 5.27 Kg/cm².

Flujo de enjuague, LPM: 568.

Pasos de Regeneración:

(I). - Lavado de superficies: para este tipo se --
abre la válvula No. 6 de entrada de agua a través del lavador -
de superficie a un flujo de 190 LPM el lavador empieza a girar
y el rocío o pulverización del agua agitará la parte superior --
del floc de aceite rompiéndolo y el cual se jalará del filtro a -

través de la válvula No. 4 hacia el drenaje. Este paso dura -- aproximadamente 10 minutos.

(II).- Retrolavado de la cama. Se cierra la válvula No. 6 y se abren las válvulas 3 y 4 el agua libre de aceite entra por la parte inferior del tanque a través de la cama - de antracita hasta la parte superior del tanque y de allí al drenaje a través de la válvula No. 4. El flujo de retrolavado se - fijará en 1892 LPM hasta que el efluente salga limpio.

(III).- Precapa. En este paso se cierran las - válvulas 3 y 4 y se abren las 5 y 7. Por medio del eyector en - el tanque de químicos se alimenta la floc del eyector en el tan- - que de químicos se alimenta la floc preformada hacia el filtro - a través de la válvula No. 7, lograndose de esta manera formar una precapa en la parte superior de la antracita y el líquido so- brante fluirá hacia abajo a través de la cama saliendo por el -- fondo del tanque a través de la válvula No. 5 hacia el drenaje. Se fijará el flujo de 5.8 LPM con la válvula No. 7 y la dura-- ción de este paso es de 20 minutos aproximadamente.

(IV).- Enjuague. Se cierra la válvula No. 7 y se abren las válvulas 1 y 5, el condensado aceitoso pasará ahora a - través de la válvula No. 1 entrando al tanque filtro en la parte-

superior y fluye a través de la cama filtrante de antracita hacia el fondo del tanque llenando al drenaje por la válvula No. 5. Ajustar este flujo a 568 LPM y la duración será de aproximadamente 5 a 10 minutos o hasta que el agua saliendo al drenaje -- cumpla las condiciones de dureza, SiO_2 y STD especificadas.

Al final de este paso se cierra la válvula No. 5, abriéndose la válvula No. 2, quedando la unidad nuevamente en servicio.

Preparación del tanque de químicos.

75 Kgns de sulfato de aluminio.

30 Kgns de sosa cáustica en escamas.

Cuando esté operando la batería norte, la bomba dosificadora de floc tendrá un 16% del total de la carrera y la sur 21% de su - carrera.

7.3. TRATAMIENTO DE CONDENSADO LIMPIO.

El condensado limpio proveniente de las plantas: Catalítica, Combinada e Hidrodesulfuradora, llega a un tanque de almacenamiento con capacidad de 10 000 Bls. (1590M³) donde por medio de bombas se enviará, junto con la corriente --- de condensado aceitoso ya tratado a las unidades pulidoras para su tratamiento.

= CONTAMINANTES POR ELIMINAR =

Trazas de fierro en solución y suspensión, cobre, aluminio y dureza.

Tipo de tratamiento. A base de suavizadores tipo filtración de resina, con resina catiónica. Amberlite 200 grado C.

	Entrada Condensado	Efluente
Fierro	0.7 ppm	0 ppm
Cobre	0.12 ppm	0 ppm
Zinc	0.25 ppm	0 ppm
Sodio	0 ppm CaCO ₃	6-8 ppm CaCO ₃
Dureza total	2-5 ppm CaCO ₃	0 ppm CaCO ₃

Flujo de diseño actual 1500 GPM. (340 M³/HR).

Flujo de diseño futuro 2250 GPM (510 M³/HR).

Flujo de diseño por unidad 375 GPM (35 M³/HR).

Flujo de diseño futuro (85 M³/HR).

No. de tanques suavizadores: 4.

Presión de diseño: 75 psi (5.27 Kg./cm²).

Presión de operación: (3.5 Kg/cm²).

Flujo por unidad cuando está en regeneración: 1892 LPM

Altura de la cama de resina: 0.91 mt (36").

Pies cúbicos de resina por unidad: 68 pies³.

Sal necesaria por regeneración: 463 Kg (1020 Lbs).

Sulfito de sodio/regeneración: 3.08 Kg (6.8 Lbs.)

concentración de la solución regenerante: 10%.

Pasos de regeneración:

(I).- Retrolavado:

Flujo: 594 LPM (157 GPM).

Tiempo: 10 minutos.

Válvulas abiertas: 3 y 4. Abrir primeramente la No. 3 y con la No. 9 controlar el flujo; tener precaución de no tirar resina en este paso.

(II).- Inyección de solución regenerante.

Flujo de agua de dilución 97 LPM (25.8 GPM).

Concentración de la solución: 10%.

Tiempo de inyección: 20 minutos.

Flujo de solución concentrada: 40 LPM (10.7 GPM).

Válvulas abiertas: 6 y 5, cerrar primeramente del paso anterior la No. 3 y después la No. 4.

Abrir la No. 5 y posteriormente la No. 6, previamente alineadas las válvulas para inyección de solución regenerante y poner en operación la bomba.

(III). - Desplazamiento.

Flujo: 97 LPM.

Tiempo 15-20 minutos.

Válvulas abiertas: 6,5; parar solamente la bomba.

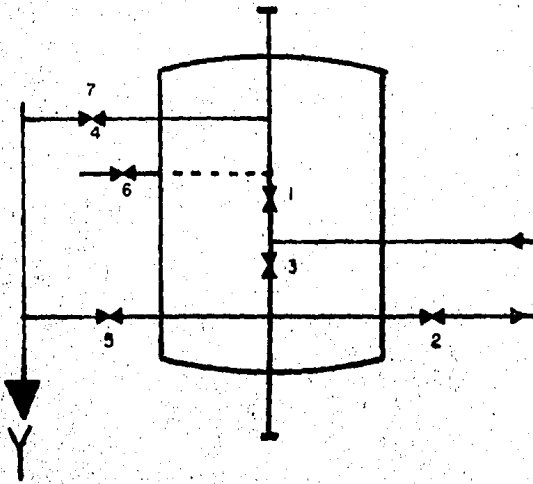
(IV). - Enjuague rápido.

Flujo: 10.92 a 14.56 GPM.

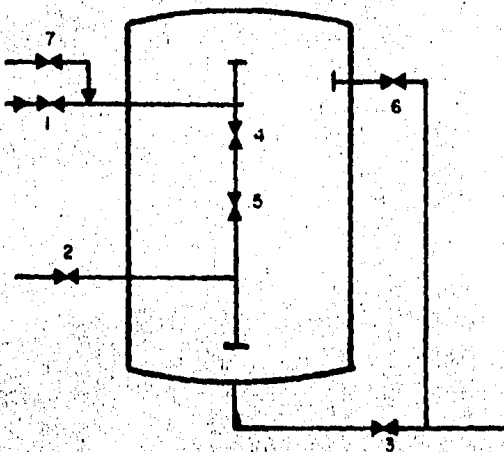
Tiempo: 20 minutos.

Válvulas abiertas: 1 y 5 cerrar primeramente la No. 6 y abrir posteriormente la No. 1.

La operación de este paso es hasta que el efluente tenga la especificación requerida.



SUAVIZADOR.



FILTRO

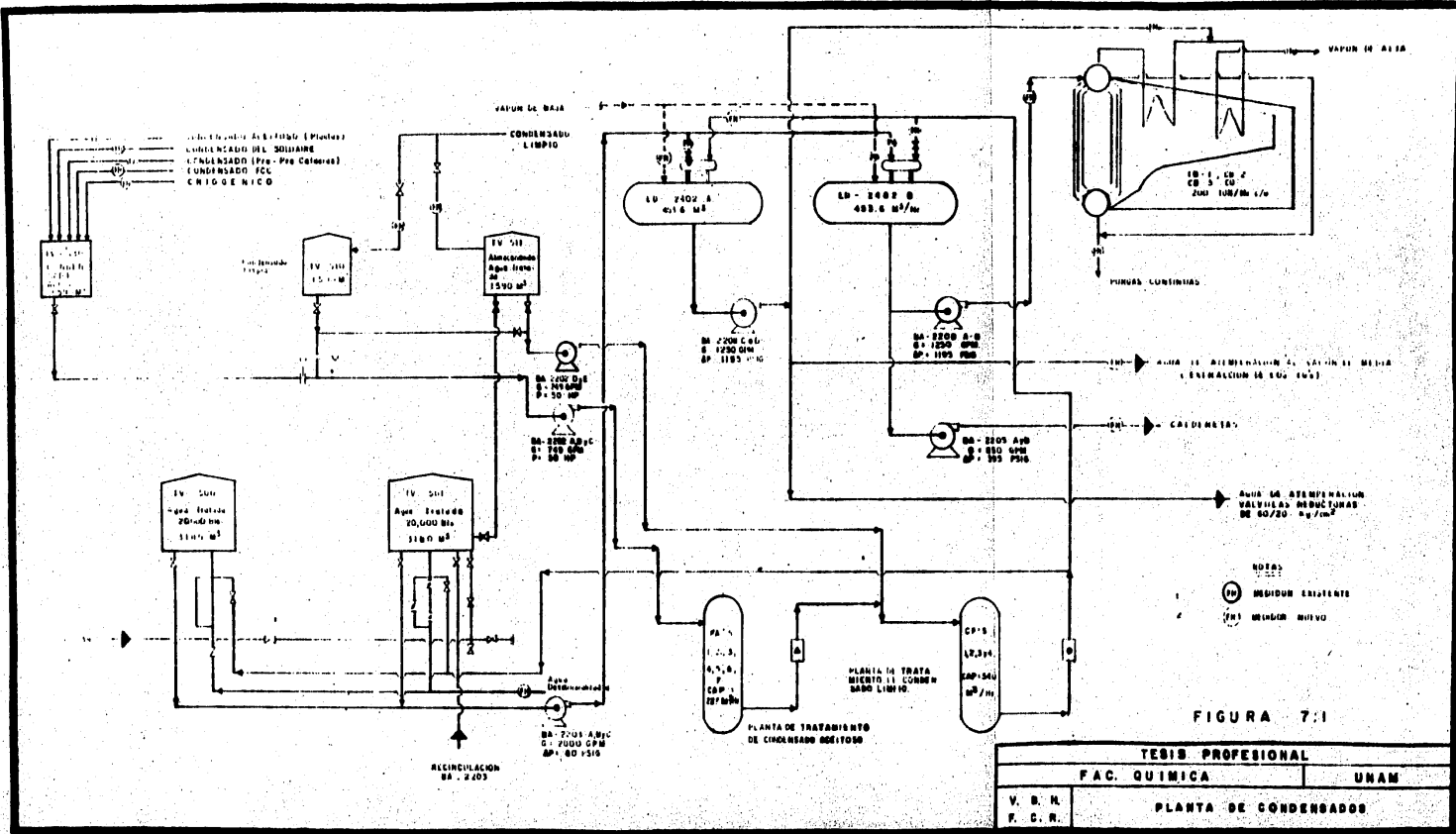


FIGURA 7:1

TESIS PROFESIONAL		
FAC. QUIMICA		UNAM
V. B. N. F. C. R.	PLANTA DE CONDENSADOS	

VIII) TORRES DE ENFRIAMIENTO.

8.1 DESCRIPCION Y ESTADO ACTUAL DE LAS TORRES DE -- ENFRIAMIENTO.

El sistema de agua de enfriamiento comprende tres torres de enfriamiento, que son la CT-500, CT-501 y la CT-502.

a).- La torre CT-500 es una torre de tiro inducido, consta de 5 celdas y tiene una capacidad de 50,000 GPM - (11,350 m³/H) de agua de circulación. Proporciona servicio de enfriamiento a las Plantas Combinada y Reductora de Viscosidad (ver fig. 8.1).

b).- La torre CT-501 es una torre de tiro inducido, consta de 3 celdas y tiene una capacidad de 30,000 GPM - (6,810 m³/H) de agua de circulación. Suministra el enfriamiento a los servicios propios de la Planta Eléctrica, como son los -- turbogeneradores y al condensado de enfriamiento de los compresores, además suministra agua de enfriamiento a las calderas y a la casa de bombas (ver fig. 8.1). Operan continuamente -- las tres celdas para proporcionar enfriamiento a equipos críticos.

c).- La torre CT-502 al igual que las dos anteriores es una torre de tiro inducido, consta de 10 celdas y tie

DIAGRAMA DE BLOQUES

Agua de enfriamiento Torres

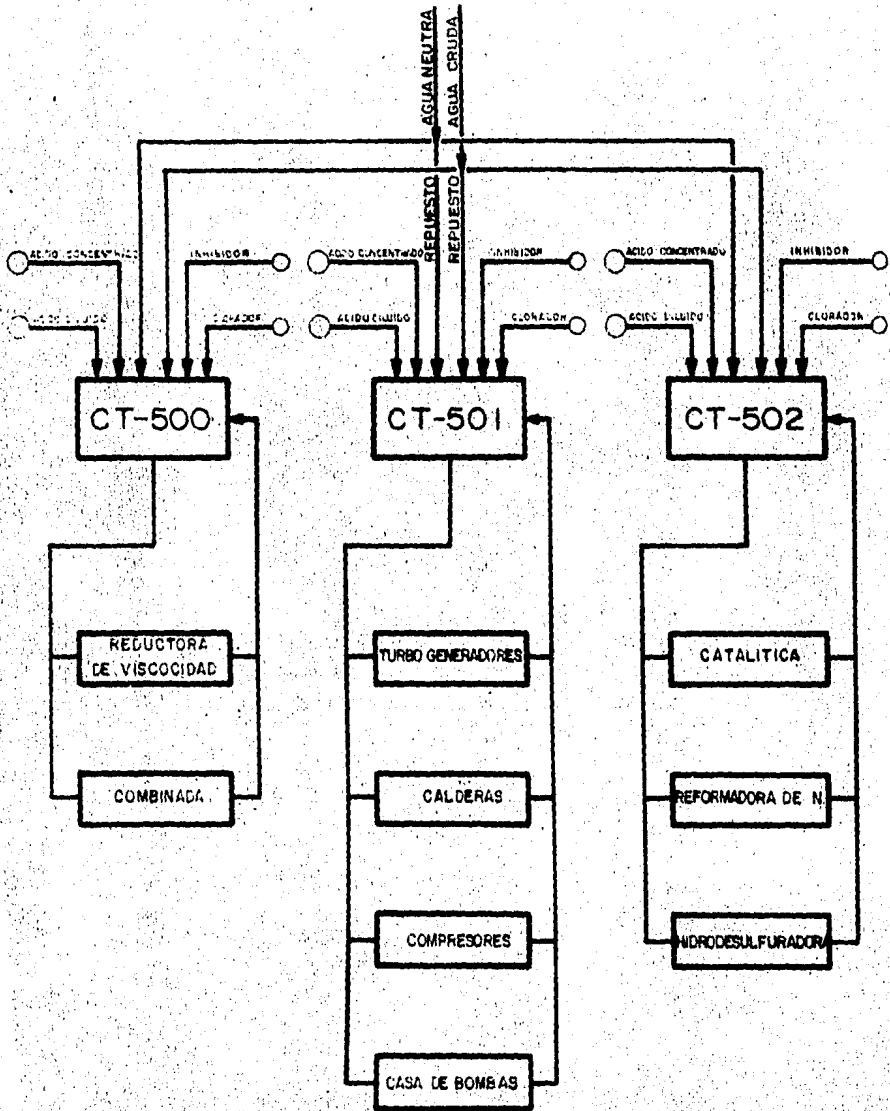


FIGURA — 8.1

ne una capacidad de 100,000 GPM (22,700 m³/H) de agua de circulación. Proporciona el servicio de enfriamiento a las Plantas-Catalítica, Hidrodesulfuradora, Fraccionadora y Reformadora de Naftas.

8.1.1. CARACTERISTICAS DE DISEÑO COMPARADAS CON LAS CONDICIONES DE OPERACION.

a). - La torre CT-500 constaba con una capacidad de diseño de las bombas de 4,540 m³/H pero por problemas de los motores de 1,000 HP que no soportaban la carga, se recortaron los impulsores de las motobombas BA-2212 A y B con lo cual bajó la capacidad de bombeo hasta 3,632 m³/H por bomba. Debido a este problema se instaló posteriormente una nueva bomba de 20,000 GPM (4540 m³/H) nominales con motor de 1500 HP, y después vendría la sustitución de la turbobomba BA-2212-C por otra motobomba de las mismas características de la mencionada anteriormente. Con estos cambios se tiene una capacidad más firme. También actualmente ya casi no se usa el ácido diluido proveniente de la recuperación de efluentes ácidos de la Planta desmineralizadora, como se mencionó en el Capítulo VI.

b). - En la Torre CT-501 de diseño venían 3 bombas c/u de cada capacidad nominal de 10,000 GPM (2,270-

m^3/H) pero por problemas de enfriamiento se agregó una bomba con capacidad nominal de 12,000 GPM ($2,724 m^3/H$).

También de diseño venía para proporcionar agua de enfriamiento a los compresores de aire, actualmente sólo enfría el condensado que circula en un circuito cerrado. También utiliza ácido diluido para el control del pH del agua.

c). - En la torre CT-502 de diseño venían 5 bombas de una capacidad nominal de 20,000 GPM cada una pero por sobrecargas de los motores de 1,000 HP se recortaron las bombas, disminuyendo en consecuencia su capacidad hasta 16,000 GPM por bomba. Debido a este problema se cambiaron éstas por bombas de 20,000 GPM nominales y motores de 1,500 HP. También se utiliza ácido diluido proveniente de la recuperación de efluentes ácidos de la Planta Desmineralizadora en lugar de ácido sulfúrico concentrado.

8.1.2. INDICE DE LANGELIER.

Las escamas formadas como depósitos son aquellas producidas por la cristalización y por la precipitación de las sales que se encuentran presentes en el agua.

El carbonato de calcio es uno de los principales

compuestos que forman depósitos en forma de escamas, y puede predecirse cualitativamente por medio del índice de saturación de Langellier y por el índice de estabilidad de Ryznar. Los cuales se pueden determinar de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Saturación} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{Índice de Estabilidad} = 2(\text{pH}_s) - \text{pH}$$

El valor del pH_s es una función de los sólidos presentes en el agua, de la temperatura, del calcio y de la alcalinidad (ver Tabla 8.1), $\text{pH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$.

Si el Índice de Saturación es positivo, este indicará que el carbonato de calcio tendrá la tendencia a formar depósitos.

El Índice de Estabilidad mostrará la misma tendencia cuando se obtengan valores menores de 6.0.

Si el Índice de Saturación es cero, el agua está químicamente balanceada, y si el Índice de Saturación nos resulta negativo el agua es corrosiva.

Esta prueba nos ha indicado que nuestro sistema de enfriamiento es de carácter incrustante. Normalmente es determinado en el Laboratorio, sólo cuando las condiciones son

anormales, como la falta de adición de reactivos, se determina también en la Planta para tener un mejor control. (ver Tabla - 8.2).

8.1.3. EQUIPO MECANICO.

a) La torre CT-500 consta de 5 celdas, cada celda tiene un ventilador de tiro inducido accionado por motor eléctrico de 100 HP y control de doble velocidad.

Para la inyección de cloro a la Torre como biocida, para controlar la proliferación de microorganismos, se cuenta con un sistema de cloración, el cual es de las mismas características para las 3 Torres de Enfriamiento:

Marca: PENNWALT
de WALLACE & TIERNAN

Capacidad: 900 kg/Día

No se cuenta con medidor de pH, se determina visualmente con regleta y rojo de metilo y en el Laboratorio.

b) La Torre CT-501 Consta de tres celdas cada una tiene un ventilador de tiro inducido accionado por motor eléctrico de 100 HP y control de doble velocidad.

DATOS PARA EL CALCULO RAPIDO DEL INCIDE DE LAGELIER

(Basado en la fórmula de Langelier, Larzo-Buswell, -
ajustes de la temperatura arreglados por Nordell.)

TABLA 8.1

A		C		D	
Sólidos totales (ppm)	A	Dureza de calcio (ppm de Ca CO ₃)	C	Alcalinidad A.R. (ppm de Ca CO ₃)	D
50-300	0.1	10-11	0.6	10-11	1.0
400-1000	0.2	12-13	0.7	12-13	1.1
		14-17	0.8	14-17	1.2
		18-22	0.9	18-22	1.3
		23-27	1.0	23-27	1.4
		28-34	1.1	28-35	1.5
		35-43	1.2	36-44	1.6
		44-55	1.3	45-55	1.7
		56-69	1.4	56-69	1.8
		70-87	1.5	70-88	1.9
		88-110	1.6	89-110	2.0
		111-138	1.7	111-139	2.1
		139-174	1.8	140-176	2.2
		175-220	1.9	177-220	2.3
		230-270	2.0	230-270	2.4
		280-340	2.1	280-350	2.5
		350-430	2.2	360-440	2.6
		440-550	2.3	450-550	2.7
		560-690	2.4	560-690	2.8
		700-870	2.5	700-880	2.9
		880-1000	2.6	890-1000	3.0
B					
Temperatura (°F)	B				
32-34	2.6				
36-42	2.5				
44-48	2.4				
50-56	2.3				
58-62	2.2				
64-70	2.1				
72-80	2.0				
82-88	1.9				
90-98	1.8				
100-110	1.7				
112-122	1.6				
124-132	1.5				
134-146	1.4				
148-160	1.3				
162-178	1.2				

- (1) Obtener valores de A, B, C, y D de la tabla anterior
- (2) $\text{pH} = (9.3 + A + B) - (C + D)$
- (3) Índice de saturación = $\text{pH} - \text{pH}_s$

Si el índice es 0, el agua esta químicamente balanceada
 Si el índice es positivo, es agua Incrustante
 Si el índice es negativo, es agua corrosiva.

Se cuenta con un clorador de las características ya mencionadas, actualmente se inyecta cloro de acuerdo a las necesidades de la Torre.

No se cuenta con un medidor de pH y las determinaciones se hacen al igual que en la Torre CT-500.

c) La Torre CT-502 consta de 10 celdas, cada una cuenta con un ventilador de tiro inducido accionado también por motor eléctrico de 100 HP y control de doble velocidad.

El clorador es de las mismas características -- del de la Torre CT-500.

Con respecto a la medición de pH, es la única Torre que cuenta con un registrador en campo y caseta del operador, las características son:

Marca: LEEDS & NORTHRUP

Rango: 0 a 12

8.1.4. CICLOS DE CONCENTRACION.

El control de los ciclos de concentración ha sido uno de los principales medios para eliminar la formación -- de incrustaciones en forma de escamas.

Los ciclos de concentración se obtienen de la relación de los cloruros presentes en el agua de recirculación y en el agua de repuesto en la Torre. Actualmente se controlan los ciclos de concentración entre 1.8 como mínimo y 2.2 como máximo.

De esta manera el agua que se agrega al sistema es en una cantidad equivalente al agua que se pierde en el mismo. Por lo tanto en las condiciones de equilibrio, la cantidad de cloruros que entran al sistema es igual a la cantidad de cloruros que salen de éste. La determinación de cloruros para cada una de las Torres se muestran en la Tabla 8.2.

8.2. CONTAMINACIONES DE LAS TORRES.

8.2.1. TIPO DE CONTAMINACION.

La contaminación que se presenta en las Torres de Enfriamiento, es la de hidrocarburos líquidos y gaseosos, lo cual propicia que se originen otras, debido a la interferencia que causa en el tratamiento químico haciéndolo ineficaz. El análisis de contaminaciones de cada Torre se muestra en la Tabla 8.2.

8.2.2. SISTEMAS DE LOCALIZACION Y ELIMINACION DE LAS CONTAMINACIONES.

Normalmente se hacen pruebas cualitativas en las Torres con permanganato de potasio al 0.01 molar, acidulando con 5 ml de ácido sulfúrico. Esta prueba es cualitativa y -- por el cambio de color morado del permanganato a rojo pálido, a ladrillo y finalmente a café, según el grado de contaminación ya sea por ácido sulfúrico o por hidrógeno u otro reductor.

Cuando resulta positiva la prueba, dependiendo-- de la Torre que se trate se procede a rastrear la fuente de -- contaminación.

8.2.3. CONSECUENCIAS DE LAS CONTAMINACIONES.

Las consecuencias de las contaminaciones son -- las pérdidas de eficiencia por transferencia de calor en los --- equipos, incrementos de caída de presión en el sistema de enfriamiento, corrosión, también al aumentar el ensuciamiento -- en la torre disminuye la circulación del aire, ataque a la es-- tructura de madera y a los herrajes en la torre. Lo anterior -- significaría que para mantener el equilibrio de los microorga-- nismos, se tendrían que dosificar mayores cantidades de reac-- tivos con su correspondiente elevación de costos.

8.3 TRATAMIENTOS DEL AGUA DE CIRCULACION.

8.3.1. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Reciben el nombre de tratamientos Biológicos - aquellos cuyo fin es el de controlar la proliferación de microorganismos, esto se logra cuando se agregan biocidas tales como el cloro, cloruro de benzalconio, hipoclorito de sodio o de calcio, etc.

Se agregan en la cantidad necesaria para mantener un valor residual. Las especificaciones para la inyección de estos reactivos y el consumo promedio es como se muestra en la Tabla 8.3.

El cloro es el agente más ampliamente usado para el control de los microorganismos en los sistemas de agua de enfriamiento recirculantes. En ausencia de sustancias que -- pueden causar una alta demanda de cloro, éste resulta ser el método de tratamiento más económico.

El clorador usado en las tres torres de enfriamiento es de las características mencionadas en 8.1.3.

Otros Biocidas comunmente usados son:

- a) Fenoles clorados
- b) Compuestos de Amonio cuaternarios
- c) Sales de cobre
- d) Tiocianatos orgánicos etc.

Estos biocidas tienen como finalidad eliminar -- e inhibir el crecimiento de microorganismos tales como bacterias, algas entre otros, los cuales provocan desde incrustaciones, formación de lodos hasta el deterioro de la madera.

8.3.2. TRATAMIENTO CONTRA LA CORROSION Y/O INCRUSTACION.

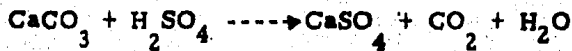
Para prevenir y evitar la corrosión e incrustación en los equipos de enfriamiento y condensación de las Plantas por medio de agua, es necesaria la adición de una solución o compuesto químico que controle la incrustación o la corrosión.

Actualmente se han estado agregando el Nalco - 7350 o el IMPTE-1-1-, como inhibidores de corrosión e incrustación (ver Tabla 8.3).

Mediante el análisis del agua y el cálculo de su Índice de Langellier, el cual mide la tendencia de una agua a depositar carbonato de calcio bajo condiciones dadas, indicará-

aproximadamente la máxima concentración posible. Por medio de ortofosfatos, ligninas o sustancias similares, es posible disminuir la tendencia del agua a formar depósitos o a originar -- ataques corrosivos. Por medio de la verificación constante de la diferencia terminal de temperaturas en el condensador, será posible saber si la formación de incrustaciones en los tubos está afectando el intercambio de calor y corroborará la indicación -- suministrada por el índice de Langellier.

La incrustación que con mayor frecuencia se forma en los tubos del condensador está básicamente formada por el carbonato de calcio. Si los carbonatos en el agua pueden ser cambiados a sulfatos, los cuales son más solubles, será posible tolerar concentraciones más altas reduciéndose así el consumo de agua de repuesto. Al mismo tiempo se reduce la alcalinidad y el pH del agua creando condiciones más favorables para la madera de la torre. Por medio de la alimentación continua o intermitente de ácido sulfúrico a la torre puede alcanzarse este objetivo de acuerdo con la siguiente reacción:



El bióxido de carbono generado es liberado a la atmósfera y el pH del agua de la torre reducido por la reacción.

Es esencial, sin embargo, que la alimentación de ácido sulfúrico sea cuidadosamente controlada porque si ésta llegara a ser excesiva, el pH puede llegar a valores tan bajos que se alcance una condición en extremo corrosiva, que de continuar puede causar daños a las partes metálicas del sistema de agua de circulación. El pH bajo reducirá también en forma gradual, los depósitos e incrustaciones en el sistema, pero el peligro de corrosión puede ser más significativo que el efecto de las incrustaciones. (Ver Tabla 8.3).

8.4. CALCULOS. (Verlos en el Capítulo X).

TORRES DE ENFRIAMIENTO
ANALISIS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
RESULTADOS PROMEDIOS DEL MES DE JUNIO DE 1982

TABLA 8.2

PRUEBAS	UNIDAD	T O R R E S		
		CT-500	CT-501	CT-502
HIDROCARBUROS	ppm	3.2	3.8	25.8
STD	ppm	2438	1856	1306
CALCIO	ppm como Ca. CO ₃	638	476	433
pH		7.8	7.2	7.2
TEMPERATURA	°C	36	28	32
INDICE DE LANGELIER		1.4	0.3	0.4
CARACTER DE AGUA		INCRUSTANTE	OK	OK
RELACION CLORUROS		2.24	2.21	2.03
ALCALINIDAD	ppm como Ca. CO ₃	200	78	88

TABLA DE ESPECIFICACIONES LIMITE Y CONSUMOS PROMEDIOS DE REACTIVOS

TABLA 8.3

REACTIVO	ESPECIFICACION EN ppm	CONSUMO PROMEDIO EN KG/MES
CLORO ANHIDRO	0.5 A 1.0 Máx.	6 500
CLORURO DE BENZALCONIO	30	2 250
HIPOCLORITO DE SODIO O CALCIO	0.5 A 1.0 Máx.	2 500
NALCO 7350	20 A 30	17 000
HUMEC 10	30 Máx.	1 400
IMP-TE-1-1	20 A 30	3 000
ACIDO SULFURICO	Para mantener pH entre 7.5 a 7.8	Se usa ácido diluido - producto de la regeneración de cationes fuertes.

IX) CALDERAS.

GENERADORES DE VAPOR.

9.1. DEFINICION.

Se puede definir a un generador de vapor moderno como el conjunto integrado por varios dispositivos esenciales, cuya función es convertir el agua en vapor a una presión y temperatura predeterminadas, mediante el aprovechamiento de la energía liberada por el combustible al quemarse. Las partes -- principales de un generador son: el hogar y la caldera.

El hogar u horno es la cámara donde se lleva a efecto la combustión del combustible elevándose en forma considerable la temperatura de los gases de combustión, además - proporciona soporte y abrigo al equipo de combustión.

La caldera es el conjunto de partes sujetas a -- presión y donde tiene lugar la vaporización, comprendiendo la - superficie de calefacción con los tambores de almacenamiento -- de agua y vapor.

9.2. CLASIFICACION.

No se dispone de una norma estandar para hacer su agrupación, pero en forma general los generadores de vapor pueden clasificarse basándose en las siguientes características:

- A). - De acuerdo a su construcción.
 - a. - De tubos de humo
 - b. - De tubos de agua (rectos o curvos)

- B). - De acuerdo al servicio que prestan:
 - a. - Estacionarios.
 - b. - Locomóviles.
 - c. - Marinos.

- C). - De acuerdo a la presión de trabajo
 - a. - De alta presión
 - b. - De baja presión.

- D). - De acuerdo a la disposición del hogar
 - a. - De hogar interior
 - b. - De hogar exterior

- E). - De acuerdo con el recorrido de los gases -
de combustión.
De uno, dos, tres y cuatro pasos.

9.3. DESCRIPCION DE LOS GENERADORES DE VAPOR DE LA REFINERIA.

El sistema de generación de vapor está formado por 4 calderas marca Babcock And Wilcox de México, 3 de ---

ellas con precalentador de aire tipo regenerativo, instaladas en el área de Servicios Auxiliares y la otra en el área de la planta catalítica F.C.C.

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS CALDERAS CB-1, ---
CB-2, CB-3.**

Marca	Babcock and Wilcox	
Capacidad	200 Tn/hr	(440,000 lib/hr.)
Presión	59.8 Kgs/cm ²	(850 lib/pulg ²)
Temperatura de Va por	482 °C	(900 °F).
Temperatura de - Agua de Alimenta ción.	104 °C	(220 °F).

Las calderas CB-1, CB-2 y CB-3, están equipadas con 12 sopla--dores de hollín dispuestos en arreglos de 6 por cada pared lateral (Norte, Sur), de estos seis, dos son de tipo retráctil y 4 fijos la -marca de los sopla--dores es Diamond y su operación es a base de motor eléctrico, y el vapor utilizado es de 19.4 Kgs/cm² (275 lib/pulg²).

Están previstas con sobrecalentadores del ti--po colgante de convección de 2 pasos.

En la salida del sobrecalentador primario se tiene un sistema de atemperación de vapor, el cual desde aproximadamente 50 T/hr., de vapor, utiliza condensado limpio tratado como medio atemperante.

Las calderas son del tipo de hogar presionado con dos pasos de gases. El aire secundario para la combustión lo proporcionan dos ventiladores de tiro forzado operando en paralelo, son de la marca ARMES con gasto cada uno de $5780 \text{ M}^3/\text{min}$ ($204,000 \text{ pies}^3/\text{min}$), accionado uno de ellos con motor eléctrico marca Hitacho de 1250 H.P. y 4160 volts y el otro con una turbina Elliot de 1250 H.P., la cual consume vapor de alta, girando a 4700 R.P.M.

La atomización del combustible en los generadores es efectuado con aire primario el cual suministran 2 ventiladores de aire primario operando en paralelo, son de la marca ARME con gasto de $300 \text{ M}^3/\text{min}$. ($10,000 \text{ pies}^3/\text{min}$) este aire es succionado por los ventiladores de aire primario de la descarga de los tiros forzados, tomándolo antes del calentador de aire con vapor; uno de los ventiladores de aire primario está accionado por motor eléctrico de 60 H.P. y 440 Volts y el otro con turbina de vapor de 1250 H.P., girando a 3500 R.P.M.

El aire secundario para la combustión proveniente de los tiros forzados pasa por un precalentador de aire con vapor donde se eleva la temperatura aproximadamente a 70°C suficiente para evitar la corrosión causada por la condensación del vapor y el contenido de azufre, de los gases de combustión en el lado frío del precalentador de aire regenerativo. El precalentador de aire regenerativo es de la marca CE-RREY accionado con motor de 7.5 H.P. y reductor de velocidad girado a 14.7 R.P.M. para que el rotor del calentador gire a 1.64 R.P.M.

Para la combustión se dispone de 6 quemadores de doble combustible marca Verloop para gas o aceite los cuales están dispuestos en dos niveles.

El flujo de gas combustible a través de los 6 quemadores es de $17,900 \text{ m}^3/\text{hr.}$, a una presión de 2.7 Kg/cm^2 y sus disparos por alta y baja presión son de 0.07 Kg/cm^2 y 3.02 Kg/cm^2 respectivamente.

Para el encendido de los quemadores se cuenta con 6 pilotos de gas, uno por cada quemador, la chispa es producida en el electrodo de la bujía por un transformador de alta tensión (12,000 Volts), la flama del piloto es detectada por un

sistema supervisor por rectificación de flama.

Para la flama del quemador se dispone de 6 detectores de flama principal, la cual es detectada por una celda de luz Ultravioleta.

CALDERA DE CO. - Esta se encuentra instalada en el área de la planta catalítica F.C.C. para recibir del convertidor catalítico el gas CO que es un subproducto en el proceso de regeneración del catalizador, el cual será aprovechado como combustible en la caldera de CO.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA CALDERA DE CO.

Marca	Babcock and Wilcox	
Capacidad	200 Ton./hr.	(440,000 Lib/hr)
Presión	59.8 Kgs/cm ²	(850, Lib/pulg ²)
Temp. de vapor	482°C	(900°F)
Temp. de agua de alimentación	104°C	(220°F)

La caldera de CO difiere de las CB-1, CB-2 y CB-3, en que no cuenta con precalentador de aire, la disposición de quemadores en esta caldera viene en un arreglo de 3 niveles; tiene economizador precalentador de agua, en lo demás puede decirse que es igual a las instaladas en el área de fuerza.

9.4 TRATAMIENTO INTERNO DE AGUA A CALDERAS.

9.4.1. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACION.

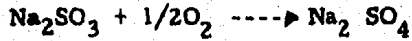
Como un complemento al tratamiento externo del agua para alimentación a calderas y protección de las mismas, se da un tratamiento interno que consiste en la adición de reactivos para que reaccionen con materia residual cuya presencia sea perjudicial en el interior de la caldera. Tal es el caso de O_2 residual, Ca, Mg, Fe.

a) Para eliminar la presencia de O_2 residual en el agua de alimentación a calderas, se dosifica una solución de $Na_2 SO_3$ para que reaccionen con el oxígeno contenido en el agua. Además se agrega solución de $N_2 H_4$, con el mismo fin para que reaccione con el oxígeno, teniendo un margen mayor de seguridad para la eliminación del mismo.

El sulfito de sodio ha demostrado ser un compuesto inorgánico de alta efectividad para desaireación química, y su uso es muy grande. Su adición se efectúa continuamente y, una concentración de 10 a 30 ppm dan protección suficiente.

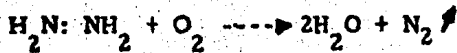
La reacción que se efectúa al 75% de eficiencia:

es:



Si existen sales de cobalto, cobre y de otros metales pesados se puede presentar una auto-oxidación de moléculas de sulfito de sodio, produciendo algo de azufre libre que causa problemas de corrosión en las líneas de condensado.

El otro reactivo usado para desareación química es la hidracina (N_2H_4) la cual reacciona con el oxígeno formando nitrógeno gaseoso.



El nitrógeno formado se elimina sin problemas junto con el vapor en desfogues y como en su reacción no produce sólidos que se depositen en la caldera tiene un gran futuro como desareador químico.

El único problema que se presenta es que la hidracina pura es explosiva por lo cual los fabricantes venden sales de la misma.

b) Otro reactivo que se agrega es un compuesto a base de un fosfato de sodio que se conoce comercialmente como Nalco 754 y tiene la propiedad de reaccionar con las sales

de calcio para precipitarlas como lodos.

9.4.2. CONSUMO DE REACTIVOS.

Se consumen actualmente 30 Kg/día de Na_2SO_3 -- para mantener una concentración en agua de calderas entre 10 y 30 ppm, Hidrazina 3 kg/día para agua de alimentación y 3 kg/día para agua de atemperación.

9.4.3. EQUIPO Y LUGAR DE DOSIFICACION DE REACTIVOS.

Actualmente todo el equipo de bombas para dosifi-
cación de reactivos es del tipo de diafragma y de la marca ----
YARWAY, las cuales succionan de tanques:

Características de los equipos.

Para sulfito de Sodio e Hidrazina:

Número de Bombas ----- 2

Gasto nominal ----- 27 litros/minuto.

Potencia motor ----- 1/4 HP.

Capacidad del tanque -- 1170 litros.

Lugar de dosificación: - En el cabezal de sug-
ción de las bombas -
de agua de alimenta-
ción a calderas.

Para Hidrazina:

Número de bombas -----	Una
Capacidad nominal -----	54.5 litros/minuto.
Potencia motor -----	1/2 HP.
Capacidad del tanque --	1170 litros.
Lugar de dosificación:--	En el cabezal de salida del desareador hacia la succión de las bombas que se utilizan como de agua de atemperación.

Para Nalco 754.

Número de bombas ----	4 para CB-1 y CB-2 y 2 para "CO".
Gasto nominal -----	82 litros/minuto.
Potencia motor -----	3/4 HP.
Capacidad del tanque ---	1170 litros.
Lugar de dosificación: --	Directamente en el domo de vapor de cada caldera.

RESULTADOS PROMEDIO DE ANALISIS AL AGUA ALIMENTA--
CION A CALDERAS DURANTE UN MES.

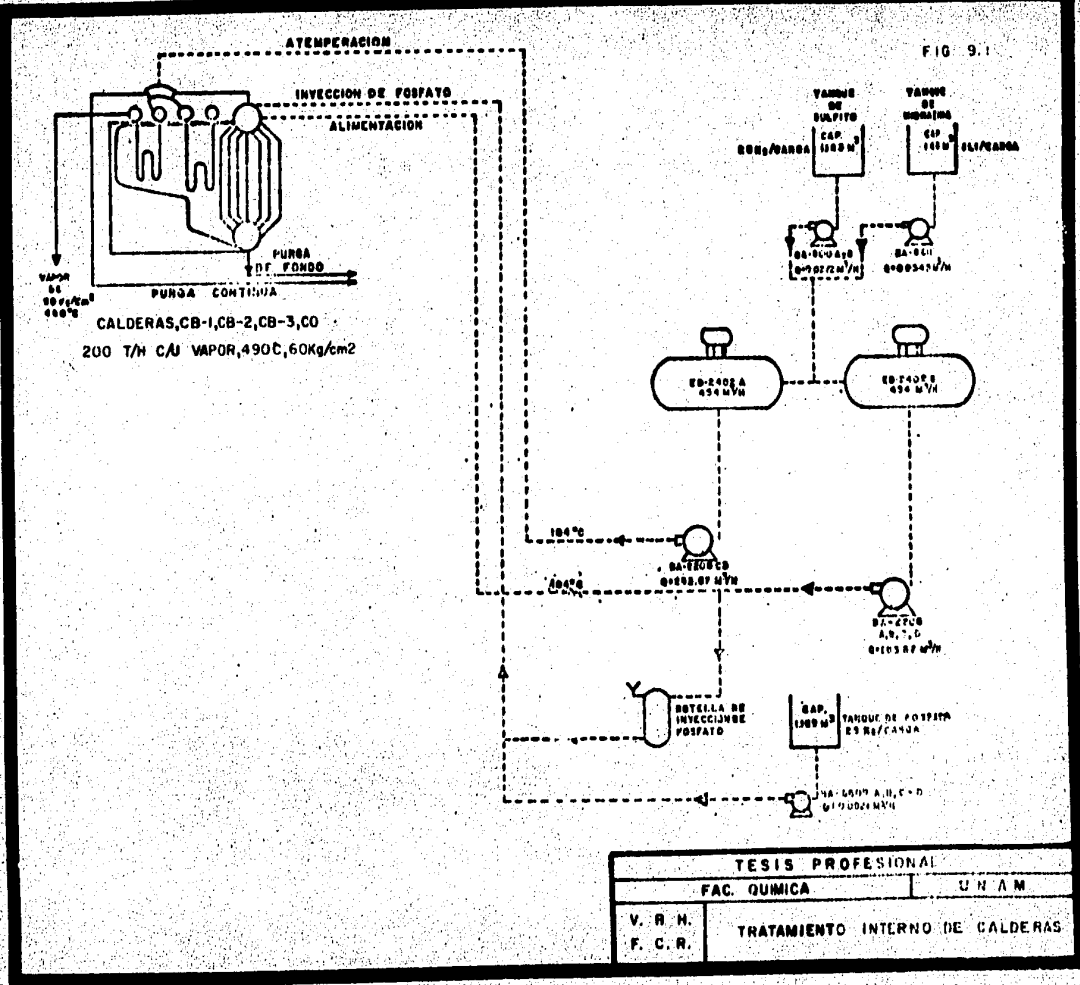
TABLA 9.1

PRUEBAS	RESULTADO	ESPECIFICACION
	EN	ppm
OH	1.0	10 Máx.
CO ₃	6.5	--
SiO ₂	0.10	0.5 Máx.
STD	14	10 - 20
pH	9.8	9 - 10

RESULTADOS PROMEDIOS DE ANALISIS DE AGUA DE CALDE-
RAS DURANTE UN MES.

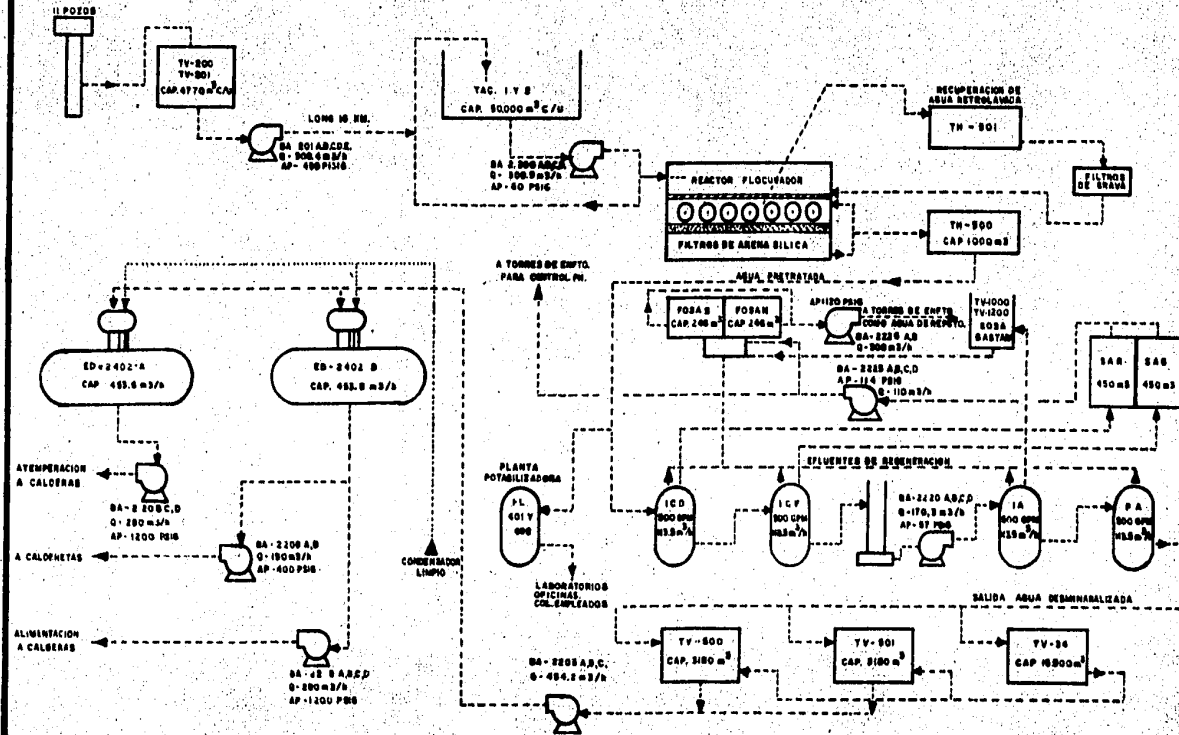
TABLA 9.2

PRUEBAS	RESULTADO	ESPECIFICACION
	EN ppm	
OH	192	100-250
CO ₃	89	
PO ₄	26	10-20
SO ₃	30	10-30
STD	943	1 500
SiO ₂	6.8	20 Máx.
Fe	0	0
ACEITE	0.10	0



TESIS PROFESIONAL	
FAC. QUIMICA	UNAM
V. R. N. F. C. R.	TRATAMIENTO INTERNO DE CALDERAS

FIGURA 9.2



TESS PROFESIONAL

FAC. DE QUIMICA | DIAGRAMA DE PROSESO

UNAM | TRATAMIENTO DE AGUAS

FCR Y V.B.H | ALIMENTACION CALDERAS

10.1 CALCULO DE MATERIAS PRIMAS PARA LA PLANTA DE - PRETRATAMIENTO.

TANQUE DE CAL:

TV-207-4 A/B

D = 4.00 Mts.

H = 3.00 Mts.

Vol = 40 M³

Se cargan 25 sales, por lo tanto:

La carga es de 625 Kg. por tanque.

$\frac{625\ 000\ \text{gr}}{40\text{m}^3} = 15625$ en el tanque.

Si el flujo del tanque es de $\frac{16\ \text{M}^3}{\text{hr.}}$, y el flujo de agua cruda. es de 490 M³/hr. se tiene:

Base: 1Hr.

ppm de cal = $\frac{16\ \text{M}^3 (15625\ \text{ppm})}{490\ \text{M}^3} = 510,20\ \text{ppm.}$

TANQUE DE SULFATO DE ALUMINIO:

TV=208 A/B

D = 1.40 Mts.

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

H = 0.58 Mts.

Vol = 1.50 DM³

Se cargan 60 Kg por tanque

Se tiene en el tanque una conc.

$$\text{ppm} = \frac{60\,000}{1.5} = 40,000$$

y si tiene un flujo descendente de 17 cm/hr. 6 --

sean $260 \frac{\text{lt.}}{\text{hr.}}$

Para un flujo de agua cruda $490 \text{ m}^3/\text{hr.}$ tenemos:

$$\text{ppm Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{0.260 \text{ M}^3 \times 40,000}{490 \text{ M}^3} = 21.2$$

TANQUE DE POLIELECTROLITO:

TV-209 A/B

D = 1.00 m

H = 1.60 m

Vol = 1.25 m^3

Se carga con 1.5 Kg por tanque.

$$\text{ppm} = \frac{1500 \text{ gr.}}{1.25 \text{ m}^3} = 1200$$

Para un flujo de 150 ml/min. tenemos para un -
flujo de agua cruda de $490 \frac{\text{M}^3}{\text{hr.}}$

$$\text{NOTA: } 150 \frac{\text{ml} \times 1 \text{ cm}^3}{\text{min } 1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr.}} = 0.009 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

$$\text{POLIELECTROLITO} = \frac{(0.009 \text{ m}^3)(1200 \text{ ppm})}{490 \text{ M}^3 \times \text{Hr}/\text{Hr}} = 0.02 \text{ ppm.}$$

10.2 CONSUMOS DE REACTIVOS.

PLANTA DE PRETRATAMIENTO.

	Diseño	Consumo en Kg/m ³	
		Actual	
Cal química (Ca(OH) ₂)	0.486	0.510	
Sulfato de Aluminio	0.021	0.0212	
Al ₂ (SO ₄) ₃			
Calgón 240	-----	0.00002	

PLANTA DESMINERALIZADORA

	Diseño	Consumo en Kg/m ³	
		Actual	
H ₂ SO ₄	2535	3015	
NaOH (100%)	1221	1880	
			Consumo en Kg/m ³
Planta Pulidora	Diseño	Actual	
H ₂ SO ₄	245	292	
NaOH (100%)	368	250	
<u>Condensado acetoso</u>			Consumo en Kg/m ³
	Diseño	Actual	
Al ₂ (SO ₄) ₃	0.0150	0.0150	
Na ₂ CO ₃	0.0075	0.0075	
<u>Condensado limpio</u>			Consumo en Kg/m ³
Sal (NaCl conc. 10 al 15%)	246	246	

10.3 BALANCE.

Producción en M³/H

	(a) Pozos	(b) Pretrata miento.	(c) Desmi nerali zadora	(d) Conden sados.	(e) Suma c + d
Normal	3850	666	454	340	794
Firme	1620	500	282	180	462
Real	2844	560	336	180	516

Consumo en M³/H.

	Calde- ras.	Calde retas.	Agua de Atempera ción.	Suma
Real	389	62	66	517
Nominal	586	110	97	793
Firme	347	62	66	475

	Producción por Vapor de Calenta- miento M ³ /H (f)	Suma (e)+(f) M ³ /H	Diferencia Producción Consumo M ³ /H
Real	19	535	18
Nominal	27	821	28
Firme	19	482	6

10.4 CALCULOS.

10.4.1 CALCULOS PARA LA DOSIFICACION DE INHIBIDOR DE CORROSION.

De acuerdo a el agua de repuesto y al agua que se pierde del sistema por evaporación y purgado.

Fórmula Básica:

$$\text{Repuesto} = \text{Evaporación} + \text{Purga} = (\text{Galones/Min})$$

$$\text{Evaporación} = (\text{Recirculación}) (T \text{ } ^\circ\text{F}) (0.001) = \text{Gal/Min}$$

$$\text{Purga} = \frac{\text{Evaporación}}{(\text{Ciclos Conc.} - 1)} = \text{Galones/Min}$$

Datos para encontrar el agua de Repuesto, Purga y Evaporación.

$$\text{Temperatura de Suministro} = 26.2^\circ\text{C} = 79.16^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatura de Retorno} = 33.2^\circ\text{C} = 91.76^\circ\text{F}$$

Si se tienen 5 bombas trabajando con un gasto cada una de ----
20,000 Gal/Min, tenemos que el gasto total será de:

$$5 (20,000) = 100,000 \text{ Gal/min.}$$

$$\text{Evaporación} = (100,000 \text{ Gal/min}) (12.6^\circ\text{F}) (0.001) = 1260 \text{ Gal/min}$$

$$1260 \text{ Gal/min} = 286.1 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

El numero de Ciclos de Concentración reportados por el Laboratorio fue de $R = 2.26$ (Relacion de Cloruros).

$$\text{Purga} = \frac{(1260 \text{ Gal/min})}{(2.26 - 1)} = 1000 \text{ Gal/min} = 227.1 \text{ m}^3/\text{Hr.}$$

$$\text{Repuesto} = 1260 \text{ Gal/min} + 1000 \text{ Gal/min} = 2260 \text{ Gal/min}$$

$$2260 \text{ Gal/min} = 513.2 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

La dosificación del Inhibidor será:

$$(513.2 \text{ m}^3/\text{Hr}) (20 \text{ mg/l}) (1000 \text{ l/m}^3) (\text{lg}/1000\text{mg}) (1\text{Kg}/1000 \text{ g}) \\ = 10.26 \text{ Kg/Hr}$$

Si la Densidad de inhibidor (Nalco 7350) = 1.354

Kg/l

$$\text{Vol. de Nalco 7350} = \frac{10.26 \text{ Kg/Hr}}{1.354 \text{ Kg/l}} = 7.57 \text{ litros/Hr}$$

Este cálculo se realizó para la Torre CT-502, para un Residual de 20 ppm usando Nalco 7350 como inhibidor de Corrosión.

10.4.2 CALCULOS DEL INDICE DE LANGELIER O INDICE DE SATURACION.

Fórmula Básica:

$$\text{pH}_s = (9.30 + A + B) = (C + D)$$

$$I_s = \text{pH} - \text{pH}_s$$

donde: pH es el obtenido del agua de la Torre

pH_s Es el de Saturación y es calculado.

Datos:

$$A = \text{Sólidos Totales} = 0.2$$

$$B = \text{Factor de acuerdo a la Temperatura de Retorno a la Torre} \\ \text{a } 91.7^{\circ}\text{F} = 1.8 \text{ (ver Tabla 8.2).}$$

$$C = \text{Dureza de Calcio (ppm como CaCO}_3) = 2.2$$

$$D = \text{Alcalinidad Total (ppm como CaCO}_3) = 2.1$$

$$pH_s = (9.30 + 0.2 + 1.8) - (2.2 + 2.1) = 11.3 - 4.3 = 7$$

$$pH_a = 7$$

$$I_s = 6.9 - 7 = \underline{-0.1}$$

Para este análisis el agua resultó presentar un carácter Corrosivo ya que como habíamos mencionado anteriormente, para un Índice de Saturación negativo el carácter del agua resulta ser Corrosivo.

8.4.3 INDICE DE ESTABILIDAD.

$$IE = 2pH_s - pH = 2(7) - 6.9 = 7.1$$

XI) CONTROL QUIMICO

11.1 LIMITES ACTUALES PARA LAS DISTINTAS CORRIENTES DE AGUA. 188.

Determinación	CORRIENTES LIMITES EN PPM					
	Agua Cruda	Agua Pretratada	Agua de Alim. Cald.	Agua de Calde ras Purga. Con	Condensado Recuperado	
1. - Alc. "F" como Ca CO ₃					"F" O	"P" O
2. - Alc. OH como Ca CO ₃		10-30	0-10	100-250		
3. - pH			9-10			
4. - Si O ₂	60	40-50	0.5	20 Máx.		
5. - Cloruros						
6. - SO ₃				10-30		
7. - PO ₄				10-20		
8. - N ₂ H ₄ ³⁺				0.15		
9. - Fe ²⁺			0.0	0.0	0.01	
10. - Cu ²⁺			0.0	0.0	0.01	
11. - Aceite			0.0	0.0	0.0	
12. - STD			10-20 Máx.	1500 Máx.		
13. - Alc. M				100-300		
14. - Dureza Total	373 476*	100 Máx.	0.5 Máx.		0.0	
15. - Turbidez		10 Máx.	1.0 Máx.			
16. - HCO ₃ como CaCO ₃	386 376*	0.0				
17. - Ca como Ca CO ₃	221 328*					
18. - CO ₃ como CO ₃ Ca		50 a 120				
19. - Oxígeno			0.007			
20. - Aluminio (AL ³⁺)					0.0	

* Con pozo No. 1 Alineado y promedio 4-5 pozos.

PRUEBAS	METODO	CORRIENTE	REPETIBILIDAD	LIMITACION	INTERFERENCIAS.
Determinación de: CO ₂	ASIM D-513-71	-Condensados de Calderas.	+ 0.2 _	ninguna	ninguna
Determinación de: O ₂ DISUELTO EN AGUA	API 724-53	-Deseareadores	+ 0.001 _		ninguna
MODIFICACION ACIDA		-La modificación Acida es usada para Muestras de Cloacas, Efluentes y Rios		NO ₂ 50mg/lt. FeO 1 mg/lt.	
Determinación del -- Contenido de HIDRA-- ZINA	ASTM D-1385-67 (METODO BAYER DE MEXICO, S.A.)	-Agua de Calderas de Purgas Continuas	+ 0.02 _	ninguna	ninguna
PIERRO EN LAS DISTINTAS CORRIENTES DE AGUA	ABSORCION ATOMICA	-Agua de Calderas. -Condensados Aceitosos y Limpios.	+ 0.1 _	ninguna	ninguna
Determinación de: ACEITES Y GRASAS EN AGUA	API 733-58	-Agua Retorno de Torres de Enfriamiento. -Condensado Aceitoso -Agua de Calderas	+ 0.5 _	ninguna	pH cuando no es adecuado.

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A C I O N	I N T E R F E - R E N C I A S .
Determinación de: pH	PEACHIMETRO ELECTRONI- CO.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrada a Pulidores "PA". - Salida de los Pulidores "PA". - Línea de Pulidores a Tanques TV-500 y 501 después del By Pass. - Alimentación a Calderas. - Tanque TV-510 Condensado Aceitoso. - Salida de los Condensados Aceitosos "FA". - Agua de Atempa---ción. - Salida de los Condensados limpios CF. - Torres de Enfria---miento. - Agua Cruda. - Agua Pretratada. - Agua Potable. 	+ 0.1	ninguna	ninguna

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A C I O N	I N T E R F E R E N C I A S
ALCALINIDAD	ASTM D-1067-70	<ul style="list-style-type: none"> - Agua Cruda - Agua Pretratada - Agua de Atemporación - Torres de Enfriamiento. - Llegada del Agua Pretratada a la Planta Desmineralizadora. - Entrada a Pulidores "PA". - Salida de los Pulidores "PA". - Tanques TV-500 y TV 501. - Alimentación a Calderas. - Tanques TV-510 y 511. - Salidas de Aniones "IA". - Agua de Calderas. 	<ul style="list-style-type: none"> + 0.1 + 1 	<ul style="list-style-type: none"> ninguna ninguna 	<ul style="list-style-type: none"> ninguna ninguna

REFINERIA TULA

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A - C I O N	I N T E R F E - R E N C I A S
Determinación de: SULFITOS	ASTM D-1339-72	- Agua de Calderas	+ 0.01	ninguna	Reductores, iones metá- licos pesa- dos.
Determinación de: STD	ASTM D-859-68	- Tanque TV-511 Con-- densado limpio.. - Agua de Atempa--- ción. - Salida de los Con-- densados Limpios CF. - Agua de Calderas	+ 0.3	Determi- nación de sólidos ionizados Rango: 0-500 ppm Temperat de la -- muestra. 65° C.	Impurezas por mal la vado de la celda.
Determinación de: SULFATOS	ASTM D-516-68	- Agua Cruda - Agua Pretratada - Torres de Enfriamien- to.		ninguna	ninguna
Determinación de: ZINC SOLUBLE	METODO NALCO	- Agua de Retorno de - Torres de Enfriamien- to.	+	ninguna	ninguna

REFINERIA TULA

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A C I O N	I N T E R F E R E N C I A S
Determinación de Dureza Total.	ASTM D-1126-67	<ul style="list-style-type: none"> - Agua Cruda de Pozos - Salida de los Filtros a la Cisterna TH-500 - Llegada del Agua Pre tratada a la Planta Desmineralizadora. - Salida de los Cationes Débiles "CD". - Salida de los Cationes Fuertes "ICF". - Tanques TV-500 y TV-501 de Agua Tratada. - Alimentación a Calderas. - Salida de los Condensados Aceitosos "FA". - Tanque TV-511 Condensado Limpio. - Agua de Atemporación - Salida de los Condensados Limpios CF - Agua de Calderas. 	+ 0.2	De 5 a 1200 ppm pH = 10 (Optimo)	NaOH > 300 ppm Cu > 10 ppm Al > 20 ppm Ortofósforo > 100 ppm Polifósforos > 25 Co y Ni.

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A C I O N	I N T E R F E R E N C I A S
Determinación de Dureza Total.	ASTM D-1126-67	<ul style="list-style-type: none"> - Agua Cruda de Pozos - Salida de los Fil--tros a la Cisterna TH-500 - Llegada del Agua -- Pretratada a la Plan ta Desmineralizadora - Salida de los Catio nes Débiles "CD". - Salida de los Catio nes Fuertes "ICF". - Tanques TV-500 y -- TV-501 de Agua Tra--tada. - Alimentación a Cal--deras. - Salida de los Con--densados Aceitosos "FA". - Tanque TV-501 Con--densado Limpio. - Agua de Atempa---ción. - Salida de los Con--densados limpios CF - Agua de Calderas. 	<p>± 0.2</p> <p>pH = 10 (Optimo)</p>	<p>De 5 a - 1200 ppm</p>	<p>Cu > 10ppm</p> <p>Al > 20ppm</p> <p>Ortofosta to > 100 ppm</p> <p>Polifosta tos > 25 ppm</p> <p>Co y Ni</p>

REFINERIA TULA

PRUEBAS	METODO	CORRIENTE	REPETIBILIDAD	LIMITACION	INTERFERENCIAS
Determinación de: SiO ₂ (RANGOS ALTOS)	ASTM D-859-68	- Calderas - Agua Cruda - Agua Pretratada	+ 0.5	20 ppm Máx.	ninguna
Determinación de: SiO ₂ (RANGOS BAJOS)	ASTM D-859-68	- Agua de Atemperación - Agua de Aniones - Tanques TV-500 y 501 - Alimentación de Calderas. - Tanque TV-510 y 530 Condensado Aceitoso - TV-511 Condensado Limpio. - Agua de Calderas.	+ 0.5	0-3 ppm	CaCO ₃ > 150 ppm Fosfatos > 150ppm
TURBIDEZ COMO SiO ₂ -- CON TURBIDIMETRO --- HELLIGE	ASTM D-859-68	- Agua Cruda - Agua de Torres de - Enfriamiento. - Agua Pretratada.	+ 0.1	ninguna	Hacer la - Dilución - necesaria si se nece- sita.

REFINERIA TULA

P R U E B A S	M E T O D O	C O R R I E N T E	R E P E T I - B I L I D A D	L I M I T A C I O N	I N T E R F E - R E N C I A S .
Concentración de: NALCOOL 7350	METODO NALCO	- Agua de Retorno de Torres de Enfria-- miento.		ninguna	La presen cia de HI drocarbu ros.
Aditivo: IMP-TE-1-1	METODO ANALITICO PARA DETERMINACION DEL ADI TIVO.	- Agua de Retorno de Torres de Enfria-- miento.		ninguna	
Determinación de: CLORUROS.	ASTM D-512-67 (Alta Concentración).	- Torres de Enfria-- miento. - Agua Pretratada. - Agua Cruda.	+ 0.2	ninguna	Sulfitos y Materia Or gánica.
Determinación de: FOSFATOS.	ASTM D-515-72	- Agua Cruda. - Agua Pretratada. - Alimentación a Cal deras. - Agua de Calderas. - Agua Potable.	+ 0.01	ninguna	Si el co lor es muy intenso, hacer la dilución apropiada.
Acidez Mineral Libre	ASTM D-1067-70	- Salida de Cationes Fuertes "ICF".		ninguna	ninguna.

11.3 DETERMINACION DE CO₂.

METODO ASTM-D-513-71

11.3.1 APLICACION.

Este método permite la determinación rutinaria de la acidez o basicidad de aguas que no contienen sustancias que puedan interferir en el punto final de la titulación ya sea por razón de color o por formación de precipitado.

11.3.2 RESUMEN DEL METODO.

La muestra se titula ya sea con un ácido o con un álcali a un pH, dado. El punto final de la titulación se determina electrométicamente o por cambio de color usando un indicador adecuado.

11.3.3 PROCEDIMIENTO.

PRIMER PASO.

DETERMINACION DE LA ACIDEZ MINERAL LIBRE.

1. - Tomar 110 ml de muestra.
2. - Agregar 3 o 4 gotas de indicador anaranjado de metilo.
3. - Titular con NaOH 0.1N hasta un vire a color amarillo y --

anotar el volumen gastado.

SEGUNDO PASO.

1. - Tomar 100 ml de muestra.
2. - Agregar exactamente 5 gotas de fenolftaleína.
3. - Titular con NaOH 0.1N hasta un vire a color rosa que permanezca durante 15 segundos la coloración.
4. - Anotar el volumen gastado.

TERCER PASO.

DETERMINACION DEL CO₂ REAL DE LA MUESTRA.

TRA.

1. - Restar los ml. gastados en la titulación de la acidez mineral libre a los ml. gastados en la determinación del CO₂.
2. - El resultado de esta resta se multiplica por 0.1 y por 220.

$$\text{ppm CO}_2 = \frac{V \times N \times 220}{100}$$

donde:

V = Resultado de la resta en ml.

N = Normalidad de la sosa.

11.4. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HIDRAZINA.

METODO ASTM-D-1385-67

11.4.1 ALCANCE

Este método comprende la determinación Colorimétrica de la hidrazina en el agua.

11.4.2 RESUMEN DEL METODO.

El para-dimetilaminobenzaldehído produce un producto específico de la reacción con la hidrazina de color amarillo. La intensidad del color amarillo es proporcional a la cantidad de hidracina presente en el agua.

11.4.3 PROCEDIMIENTO.

A 20 ml. de la solución a examinar agregar 20 ml del reactivo p-dimetilaminobenzaldehído y 4.0 ml. de ácido clorhídrico concentrado.

Preparar un blanco usando los mismos reactivos añadidos a 20 ml. de agua destilada. Dejar reposar durante 15 minutos y medir las absorbancias desarrolladas. Con la absorbancia registrada leer en la curva de calibración la concentración de la muestra. Si la concentración es superior a 1.0 ppm (1 mg/l) hacer dilución y el resultado obtenido en la gráfica se multiplica por el factor de dilución.

11.5 DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD

METODO ASTM D-1067-70

11.5.1 APLICACION

Este método permite la determinación rápida de-

la alcalinidad de aguas que no contienen sustancias que puedan interferir en el punto final de la titulación ya sea por coloración o por formación de precipitado.

11.5.2 RESUMEN DEL METODO.

La muestra se titula con un ácido a un pH determinado, el punto final de la titulación se determina electro-méticamente o por cambio de color cuando se usa un indicador apropiado.

11.5.3 PROCEDIMIENTO (METODO 1)

1. - Tomar 50 ml. de la muestra.
2. - Agregar 3 gotas de fenofaleína.
3. - Titular con solución valorada de H_2SO_4 0.1 N (F)
4. - Anotar los mililitros gastados y agregar 3 gotas de anaranjado de metilo.
5. - Titular con H_2SO_4 0.1 N y anotar el volumen total gastado (M)

Cálculos de la Alcalinidad.

Condición	HCO_3^-	CO_3^{2-}	OH
F=0	M	O	O (1)
F = 1/2 M	O	2F	O
F = M	O	O	M

ppm de OH^- como $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ V}$

ppm de HCO_3^- como $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ V}$

ppm de CO_3^{2-} como $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ V}$

(1) Es la condición que se presenta en el agua cruda.
(METODO 2)

Este método se practica en el agua de alimentación a claderas, agua de los tanques TV-500 y TV-501 en condensados.

1. - Tomar 100 ml. de la muestra
2. - Titular F y M con H_2SO_4 0.02 N.
3. - Calcular con un factor de 10.

11.6 DETERMINACION DE SULFITOS.

METODO ASTM-D-1339-72

11.6.1 APLICACION

Este método particularmente se aplica en pruebas de control, en donde no se requiere de una buena precisión y en donde el contenido de sulfito es de 3mg/l o mayor.

11.6.2 RESUMEN DEL METODO.

El yodo, liberado por el yodato de potasio, reacciona con el sulfito del agua. Cuando se alcanza el punto final--

se encuentra presente un exceso de yodo, por lo que se produce un color azul si se usa almidón como indicador.

11.6.3 PROCEDIMIENTO.

- 1.- En un matraz erlenmeyer de 250 ml. escurrir 20 ml. de -- HCl (1 + 1).
- 2.- Pipetear 100 ml. de la muestra introduciendo la punta de la pipeta dentro del ácido.
- 3.- Adicionar 2 ml. de indicador de almidón y 5 ml. de solución de yoduro.
- 4.- Titular con solución de yodatos hasta la aparición de un color azul permanente.
- 5.- Registrar el volumen y correr un blanco con 100 ml. de -- agua y las mismas cantidades de reactivo.
- 6.- Calcular la Concentración de sulfitos como sigue:

$$\text{SO}_3^-, \text{ ppm} = (A - b) \times 6.356$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_3, \text{ ppm} = (A - b) \times 10$$

Donde:

B = mililitros gastados con el blanco de (yodato)

A = mililitros gastados con la muestra (de yodato).

11.7 DETERMINACION DE ACEITES Y GRASAS EN AGUAS.

METODO API 733-58

11.7.1 PROCEDIMIENTO.

1. - Acidificar 1 lt. mínimo de la muestra de agua a un pH de 5 con ácido clorhídrico en un vaso de precipitado y añadir 2 g de cloruro de sodio.
2. - Pasar la muestra a un embudo de separación de 2 lts.
3. - Agregar 50 ml. de tetracloruro de carbono a la muestra de agua, pasándolo primero por el vaso de precipitado usado.
4. - Agitar frecuentemente varias veces y luego dejar asentar las fases de agua y tetracloruro de carbono, hasta que se tenga una separación completa entre estas dos fases.
5. - Separar la fase con tetracloruro de carbono y pasar su extracción a través de un filtro a una probeta y medir su volumen.
6. - Lavar 3 celdas de 1 cm. con tetracloruro de carbono para utilizarse en el espectrofotómetro de infrarrojo.
7. - Poner un poco de la solución de la muestra del paso 5 en una de las celdas para analizarse en el espectrofotómetro de infrarrojo y agregar a las otras celdas tetracloruro de carbono para usarse en el rayo de referencia una y la otra como blanco.
8. - Colocar el espectrofotómetro en un SPEED FAST y en un

SLITS NORMAL y correr la muestra entre los rangos de 3000 - a 2800 de frecuencia (CM-1) al igual que el blanco.

9. - Medir la altura del pico de la muestra a el blanco en cm. con una regla entre los rangos de 2800 a 3000 de frecuencia.

10. - Con la siguiente fórmula obtener las ppm de aceite y grasas en agua.

$$\text{ppm de Aceite} = (\text{ppm en CCl}_4) \times \frac{(\text{Vol. CCl}_4 \text{ ext.})}{\text{Vol. muestra}} \times$$

$$\frac{\text{Vol. CCl}_4 \text{ ext.}}{\text{Vol. CCl}_4 \text{ usado}}$$

11.8 DETERMINACION DE LOS SOLIDOS TOTALES.

DISUELTOS (STD).

METODO ASTM-D-859-68

11.8.1 RESUMEN DEL METODO.

Este método se basa en la reacción que tiene lugar entre la sílice soluble en el muestra y el anión molibdato para formar un complejo verde-grisáceo el cual se torna a un complejo de color azul por la reducción obtenida al agregar el ácido 1 amino-2naftol-4 sulfónico.

11.8.2 PROCEDIMIENTO.

Para: Agua tratada.

1. - Tomar 25.0 ml. de muestra en una celda de 25 ml.
2. - Adicionar 0.5 ml. de solución HCl (1 + 1) y 1 mililitro de solución de molibdato (mezclar bien).
3. - Después de 5 min. adicionar 0.75 ml. de solución de ácido oxálico, (mezclar) esperar 1 min.
4. - Adicionar 1 ml. de solución de ácido 1-amino-2 naftol-4 -- sulfónico, mezclar y esperar 10 min.
5. - Tomar la lectura de concentración de sílice con la escala - en el colorímetro HACH de 0 a 3 ppm y filtro 2408.

11.9 DETERMINACION DE SULFATOS.

METODO ASTM-D-516-68

11.9.1 RESUMEN DEL METODO.

El ión sulfato se convierte a una suspensión de sulfato de bario bajo condiciones controladas. Se agregan dos - soluciones, una de glicerina y la otra de cloruro de sodio para estabilizar la suspensión y minimizar las interferencias. La tur - bidez resultante se determina por medio de un colorímetro foto- eléctrico o por medio de un espectrofotómetro y se compara con una curva preparada a partir de una solución de sulfato previa- mente preparadas a concentraciones conocidas.

11.9.2 PROCEDIMIENTO.

1. - Tomar 50 ml. de la muestra.
2. - Adicionar 10 ml. de la solución de glicerina.
3. - Agregar 5 ml. de solución ácida.
4. - Adicionar una copa de 0.2 a 0.4 g de BaCl_2 (agitar y esperar a que se forme el precipitado).
5. - Leer la densidad óptica en el Colorímetro HACH con escala 2879 y filtro 4445 y celda de 25 ml.
6. - Correr un blanco con agua y leer directamente la concentración de SO_4 en la gráfica.

NOTA: La alfcota se disminuye si las concentraciones son altas y el resultado se multiplica por el factor de dilución --- apropiado.

11.10 DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL

METODO ASTM-D-1126-67

11.10.1 APLICACION.

Este método es aplicable a agua cruda, agua tratada y a aguas para calderas. No es adecuado para aguas que -- presentan gran turbidez, de tal forma que puedan oscurecer el cambio de color del indicador. Es adecuado para diferenciar la dureza de calcio y de magnesio.

11.10.2 RESUMEN DEL METODO.

Los iones calcio y magnesio presentes en el agua son secuestrados por la adición del Etilendiamin tetra-acetato -- de sodio.

El punto final de la reacción es detectado por medio del indicador de eriocromo negro T, el cual presenta un color rojo en presencia del calcio y el magnesio y un color azul cuando éstos son secuestrados.

11.10.3 PROCEDIMIENTO.

a) Rangos Altos.

- 1.- Tomar 50 ml. de la muestra.
- 2.- Agregar 0.3 a 0.4 g de indicador sólido eriocromo negro T.
- 3.- Titular con solución de EDTA 1 ml. = 1 mg de CaCO_3 hasta que vire a color azul.
- 4.- Registrar el volumen y calcular las ppm de Dr. como sigue:
ppm de Dr. como $\text{CaCO}_3 = 20 V$

DUREZA DE CALCIO.

- 1.- Tomar 50 ml. de la muestra.
- 2.- Agregar una solución reguladora para mantener el pH = 10.
- 3.- Agregar de 0.3 a 0.4 g. de indicador sólido purpurato de - amonio.

4. - Agregar 2 ml. de hidróxido de sodio 50 g/l y titular con - solución EDTA. 1 ml. = 1.0 mg de CaCO_3 hasta vire púrpura.
5. - Registrar volumen gastado y calcular las ppm de DCa como sigue:

$$\text{ppm de DCa. como } \text{CaCO}_3 = 20 V$$

DUREZA DE MAGNESIO

1. - A la dureza total obtenida anteriormente restarle la dureza de calcio y reportarla como DMg.
- DMg como CaCO_3 Dr. - DCa

DUREZA TOTAL Y DUREZA DE CALCIO

b) Rangos bajos

1. - Seguir el mismo procedimiento que para la dureza total y - de calcio, solamente se cambia la solución de EDTA.

$$1 \text{ ml.} = 0.1 \text{ mg de } \text{CaCO}_3$$

$$\text{ppm de Dr} = 2 V$$

$$\text{ppm de DCa} = 2 V$$

$$\text{ppm de DMg} = \text{Dr.} - \text{DCa (como } \text{CaCO}_3)$$

11.11 DETERMINACION DE SILICE (RANGOS ALTOS)

METODOS ASTM-D-859-68

11.11.1 RESUMEN DEL METODO.

La sílice presente en el agua reacciona con el -

ión molibdato a un pH de 1.2 a 1.5, para formar un complejo de color amarillo grisáceo.

La coloración del complejo formado es proporcional a la concentración de la sílice en el agua. La sensibilidad de la prueba se logra por medio de la adición del ácido amino-naftol-sulfónico que produce un color azul. El color del complejo se evalúa por medio de la comparación de colores estándares por medio de un espectrofotómetro.

11.11.2 PROCEDIMIENTO.

1. - En una celda de 25 ml. tomar una alícuota de 10 ml.
2. - Adicionar 5 ml. de la solución de ácido clorhídrico (1 + 49) y 5 ml. de la solución de molibdato.
3. - Permita que se establezca 1 min., después adicionar 10 ml. de la solución de sulfito, (mezclar y esperar 5 min.)
4. - Leer la densidad óptica en el colorímetro HACH utilizado la escala de densidad óptica y el filtro 4445.
5. - Corra un blanco para ajustar el cero de la escala.
6. - Obtener de la gráfica la concentración de sílice, multiplicando por el factor de dilución si lo hay.

11.12 DETERMINACION DE SILICE (RANGOS BAJOS)

METODO ASTM-D-859-68.

11.12.1 RESUMEN DEL METODO.

Igual que en el inciso 11.7.1

11.13. DETERMINACION DE LA TURBIDEZ CON TURBIDIMETRO HELLIGE.

METODO ASTM-D-859-68

11.13.1 RESUMEN DEL METODO

Igual que en inciso 11.7.1

11.13.2 PROCEDIMIENTO.

- 1.- Tomar una alícuota suficiente para llenar el tubo con muestra hasta la marca.
- 2.- Tapar con el émbolo sin que se hagan burbujas.
- 3.- Color el tubo con las condiciones según la gráfica a usar.
- 4.- Tomar la lectura y obtener con ésta de la gráfica la concentración de la turbidez como SiO_2 .

2

11.14 DETERMINACION DE FOSFATOS.

METODO ASTM-D-515-72

11.14.1 RESUMEN DEL METODO.

El ión ortofosfato reacciona con el molibdato de amonio en un medio ácido para formar el molibdofosfato el cual es reducido posteriormente a un complejo de molibdeno de co--

lor azul por medio de la adición del ácido amino-naftol-sulfónico. La intensidad del color de este complejo es proporcional a la concentración de fósforo.

Solamente el ortofosfato forma un color azul en la prueba. Otras formas de fósforo tales como polifosfatos y -- compuestos de fósforo orgánicos pueden ser convertidos a orto-- fosfatos.

11.14.2 PROCEDIMIENTO.

- 1.- En una probeta de 100 ml. se toman 50 ml. de la muestra.
- 2.- Agregar 5 ml. de H_2SO_4 (37 + 63) y agitar.
- 3.- Agregar 5 ml. de solución P-1 (mezclar) y 5 ml de solución p-2 (mezclar).
- 4.- Transferir después de 10 min. 25 ml. a la celda (25 ml.)
- 5.- Leer en el colorímetro HACH con filtro 4445 y escala de -- densidad óptica (2870), la densidad óptica de la muestra.
- 6.- Ajustar el cero de la escala con un blanco corrido con agua destilada y las mismas cantidades de reactivos.
- 7.- Con el dato de densidad obtener la concentración directamente de la gráfica.

SOLUCION P-1: 48 g de molibdato de amonio + 800 ml. de -- agua destilada + 2.5 ml. de sosa en 1 litro.

SOLUCION P-2: 100 ml de agua destilada + 3.7 g de sulfito de sodio, + 0.1 de ácido amino-naftol-sulfónico + 6.2 g de metabisulfato de sodio.

11.15 DETERMINACION DE NALCOOL 7350 EN AGUAS DE RETORNO A TORRES DE ENFRIAMIENTO.

METODO NALCO.

11.15.1 PROCEDIMIENTO.

1. - Tome dos matraces erlenmeyer de 250 ml., 50 ml. de la misma muestra, (identifíquelos como Muestra: A y B).
2. - Coloque en cada uno de ellos dos perlas de ebullición.
3. - Agregue al B solamente una medida (0.1g) de persulfato de potasio.
4. - Caliente a ebullición durante 5 min. (en parrilla de plato).
5. - Agregar 10 ml. de solución PE-2. Hervir durante 5 min. y aforar a 50 ml.
6. - Agregar 10 ml. de solución PE-3, y dejar reposar 5 min.
7. - Tomar lecturas en el colorímetro HACH ajustando a cero -- con la solución sin persulfato.
8. - En gráfica directa dan las ppm de Nalco 7350.

11.15.2 SOLUCIONES.

- a) SOLUCION PE-2

Disuélvase 9.15 g de molibdato de amonio (NH_4) $\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, en 500 ml. de agua destilada.

Disolver 1.5 g de nitrato de bismuto ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en -- 285 ml. de ácido nítrico y agregar la solución de molibdeno de amonio. Dilúyase a 1000 ml. con agua destilada y mézclase perfectamente.

b) SOLUCION PE-3

Acido ascórbico 100% (PFIZER U.S.P.).

Es conveniente guardarlo en frasco ámbar y suministrar una medida de aproximadamente 0.7 g, en 50 ml. de agua destilada.

11.16 DETERMINACION DE CLORUROS.

METODO ASTM-D-512-67

11.16.1 RESUMEN DEL METODO.

El pH del agua que se va a titular con una solución de nitrato de plata se ajusta a un pH= 8.3, en presencia del indicador de cromato de potasio. El punto final de la titulación se indica por la presencia de color rojo ladrillo debido a la formación del cromato de plata.

11.16.2 PROCEDIMIENTO.

- 1.- Tomar 50 ml. de la muestra.
- 2.- Adicionar 3 o 4 gotas del indicador cromato.

3. - Titular con nitrato de plata, 0.05 N hasta el vire a color-rojo ladrillo.
4. - Calcular la presencia de cloruros como sigue:
ppm de $\text{Cl}^- = V \times 35.5$

11.17. DETERMINACION DE ZINC SOLUBLE EN AGUAS DE RETORNO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO.

METODO NALCO.

11.17.1 PROCEDIMIENTO.

1. - Agregar 100 ml. de muestra filtrada (con filtros Whatman No. 5) en un matr az erlenmeyer de 250 ml.
2. - Agregar 5 ml. de solución 493.
3. - Agregar 0.5 ml. de solución 494, agitar.
4. - Agregar 100 ml. de solución 495, agite bien.
5. - Agregar agitando indicador en adiciones de 0.5 ml. hasta que se desarrolle un color rosa fuerte.
6. - Titular con solución 497 hasta que vire de rosa a azul grisáceo. Debido a la dureza alta, el vire puede ser a un gris azul-verde.
7. - Calcular: ppm de Zn = ml. de solución 497.

11.17.2 PREPARACION DE LAS SOLUCIONES.

a) SOLUCION 493.

Disolver 270 g. de acetato de sodio trihidratado en 600 ml. de agua destilada, agregar 225 ml. de ácido acético glacial y diluir a un litro con agua destilada, mezclar perfectamente.

b) SOLUCION 494.

Disolver 49.7 g. y 0.10 g. de tiosulfato de sodio y carbonato de sodio respectivamente en suficiente agua destilada y diluir a un litro con agua destilada, agregar 1.0 ml. de cloroformo como preservador, mezclar perfectamente.

c) SOLUCION 495.

Mezclar 600 ml. de metanol con 400 ml. de alcohol isopropílico hasta homogeneizar la mezcla.

d) SOLUCION 497.

Secar a 105°C durante 4 hrs. ácido dietilenotriamino Pentaacético, enfriarlo y pesar 0.6575. Disolver en 500 ml. de agua destilada en un matríz volumétrico de 1000 ml. y 8.5 ml. de NaOH (hidróxido de sodio) 1 N, mezclar perfectamente y diluir hasta la marca con agua destilada.

Hidróxido de sodio 1N: Pesar 10 g. de hidróxido de sodio y disolverlo en 250 ml. de agua destilada.

11.18 DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO EN AGUA.

METODO API-724-53

11.18.1 GENERALIDADES.

La modificación es usada para muestras de --
 efluentes y ríos es recomendada especialmente si el contenido -
 es mayor que 50 mg/l de nitrito Nitrógeno y no mayor que 1 -
 mg/l de hierro ferroso. Otros reductores u oxidantes deben de-
 estar ausentes.

11.18.2 PROCEDIMIENTO.

a) La muestra es colectada en botellas de 300 ml., agregarle a 2 ml. de la solución de sulfato de magnesio, en seguida 2 ml. de reactivo alkali-yoduro-azida sobre la superficie del líquido tapar la botella cuidando que no queden burbujas de aire -
 adentro e invertir 15 veces despacio la botella. Cuando el precipitado asentado deja una nata clara por encima del flóculo de -
 hidróxido de magnesio, agitar de nuevo. Cuando vea agua dejar un período de dos minutos de contacto con el precipitado. Des--
 pués del período de dos minutos donde quedan 100 ml. de nata -
 aproximadamente levantar con cuidado el tapón e inmediatamente agregarle 2.0 ml. de ácido sulfúrico concentrado dejándolo co--
 rrer por el cuello de la botella tapar de nuevo y mezclar hasta-
 que sea completa la disolución.

b) Tomar 100 ml. de la muestra y titularla con tiosulfato-
 de sodio 0.025 N hasta obtener un color pálido. Agregar de 1 a

2 ml. de la solución de almidón y continuar la titulación hasta - que desaparezca el color azul.

c) Calcular la demanda de oxígeno como sigue:

$$\text{ppm DO} = N \times E_g \times V \text{ gastado en ml.} \times 10$$

$$\text{si } N = 0.025$$

$$\text{ppm DO} = V \text{ gastado en ml.} \times 2.$$

11.18.3 PREPARACION DE SOLUCIONES.

a) Reactivo Alcali-yoduro-Azida:

Disolver 700 g. de KOH y 150 g. de KI con -- agua destilada y diluir a un litro. A esta solución añadir 10 g. de Azida de Sodio NaN_3 disuelta en 40 ml. de agua destilada. Este reactivo no debe dar color con solución de almidón cuando se -- diluya y se acidifique.

b) Almidón.

Preparar la solución acuosa agregando una suspensión de agua fría que contenga 5 g. de almidón soluble aproximadamente 800 ml. de agua hirviendo con agitación. Diluir a 1 litro dejando unos cuantos minutos a ebullición y dejar luego asentar toda la noche. Use sobre lanata clara. Esta solución se puede preservar con 1.25 g. de ácido salicílico por litro o agregando una cuantas gotas de tolueno.

11.19 DETERMINACION DE LA ACIDEZ MINERAL LIBRE.

METODO ASTM-D-1067-70

11.19.1 APLICACION.

Este método permite la determinación en forma rutinaria de la acidez de aguas que no contienen sustancias que puedan interferir en el punto final de la titulación ya sea enmascarando el color de la solución o bien formando precipitado.

11.19.2 RESUMEN DEL METODO.

La muestra se titula ya sea con una solución de sosa a un pH dado, el punto final de la titulación se determina electrométicamente o por cambio de color usando un indicador adecuado.

11.19.3 PROCEDIMIENTO.

1. - a 100 ml. de la muestra.
2. - Agregar 3 gotas de indicador de anaranjado de metilo.
3. - Titular con una solución de sosa 0.1 N hasta que vire a un color amarillo.

4. - Anotar el volumen gastado y calcular:

$$\text{ppm de A.M.L. como CaCO}_3 = 50 V$$

donde V es el volumen gastado de sosa.

XII) TURBOGENERADORES

12.1 DESCRIPCION.

El generador eléctrico es la parte más importante del equipo en una planta termoeléctrica ya que es el que genera la energía eléctrica que es el objeto para lo cual la planta fue construída. Todas las demás partes del equipo en la planta, tienen por objeto la operación del generador.

Una turbina de vapor es una máquina que convierte la energía del vapor en trabajo mecánico y al acoplarse ésta a un generador eléctrico convierte éste a su vez el trabajo mecánico en energía eléctrica.

12.2 CARACTERISTICAS DE LOS TURBOGENERADORES INSTALADOS EN LA REFINERIA MIGUEL HIDALGO.

La Energía eléctrica es generada por un sistema de 2 turbogeneradores, marca Siemens de las siguientes características:

POTENCIA

- Potencia Máxima	27,600 Kw
- Potencia de Diseño (1)	26540 Kw
- Potencia máxima con extracción máxima	20,300 Kw
- Potencia máxima con extracción cero	21,300 Kw

- Cantidad máxima al condensador 90 T/H
- Cantidad máxima de vapor vivo a turbina 240 T/H
- Cantidad máxima con extracción de vapor 210 T/H

PRESIONES (2)

- Presión de vapor vivo (3) 59 Kg/cm²
- La presión en el recinto de alta presión en caso de depósitos salinos y a la potencia máxima no debe sobrepasar de 47.5 Kg/cm²
- Presión regulada de extracción 19.3 Kg/cm²
- Presión de extracción (3) 20.3 Kg/cm²
- La presión de extracción puede aumentar a 22.3 Kg/cm²
y descender a 18.3 Kg/cm²

TEMPERATURAS

- Temperatura de vapor vivo 480 °C
- Desviación admisible durante un tiempo prolongado (4) 488.3 °C
- Temperatura del agua del condensador 32.2 °C
- Temperatura regulada de la extracción 350 °C

CONDENSADOR

- Agua de Enfriamiento 4500 m³/H

ENFRIADOR DE ACEITE

- Agua de Enfriamiento 166 m³/H

ENFRIADOR DE AIRE DEL GENERADOR

- No. de Enfriadores 4
- Agua de Enfriamiento 101 m³/H
- Temperatura del agua de suministro 32.2 °C
- Caída de Presión 0.2 Kg/cm²

GENERADOR

- Alternador Trifásico Síncrono
- Potencia Nominal 32,000 KVA
- Factor de Potencia 0.8
- Corriente Nominal 1340 amperes
- Tensión Nominal 13.8 KV
- Regulación (690V) - 5%
- Excitación (126V) 451 Amperes
- Fases 3
- Frecuencia 60 cps
- Velocidad 3600 rpm

El generador es enfriado por medio de aire en un circuito cerrado con enfriadores agua-aire integrados.

NOTAS:

- (1). - Potencia al mejor rendimiento de la turbina

(2) Estas temperaturas y presiones (de duración limitada), son solo admisibles para fluctuaciones imprevistas en el servicio, esperandose que se haga uso de éstos valores únicamente dentro de los límites muy estrictos y sobre todo que no se tomen a la vez los valores máximos de la presión y la temperatura.

(3).- De diseño.

(4).- El promedio anual no debe ser excedido.

12.3 CORROSION Y DEPOSITOS EN TURBINAS DE VAPOR.

Los principales mecanismos de corrosión encontrados en las turbinas de vapor son:

1. - Corrosión en Paros y Por presencia de Humedad.
2. - Por Erosión.
3. - Corrosión Por esfuerzos generados por una descomposición térmica.

12.3.1 CORROSION EN PAROS Y POR PRESENCIA DE HUMEDAD.

Como resultado del ataque del dióxido de carbono y del oxígeno en aquellas zonas donde por alguna razón esté presente el agua en forma de gotas. Este ataque generalmente se presenta en piezas de acero al carbón que pueden formar

parte de aleaciones altamente resistentes a esta forma de corrosión.

Cuando se presenta una condensación del vapor - el dióxido de carbono se disuelve en el condensado formando ácido carbónico el cual baja el pH y como resultado se presenta un ataque por dicho ácido sobre el metal formando depósitos de fierro.

Para evitar este tipo de corrosión, se utilizan aminas neutralizantes con una baja concentración en el vapor -- que pudiera presentar una condensación en forma de gotas, con estas aminas se eleva el pH hasta 9.0. La Morfolina es un ejemplo de las aminas neutralizantes.

El ataque por oxígeno es el más común si la turbina está húmeda cuando se encuentra fuera de operación, por lo que para evitar la corrosión por oxígeno, debemos impedir el paso del aire a nuestra turbina durante este período, a menos que nuestra unidad se encuentre libre de humedad.

12.3.2 CORROSION POR EROSION.

La Erosión que se presenta en el empaletado de las turbidez de vapor generalmente se debe a las gotas de agua ó a las partículas de sílice, estas últimas como consecuencia -

de un mal tratamiento externo del agua para calderas. Las gotas de agua se pueden presentar en el vapor de entrada a la turbina si las condiciones del vapor sobrecalentado no se mantienen controladas, generando de esta manera una corrosión por erosión en las zonas de alta presión en la turbina.

Básicamente hay una forma de controlar éste problema, manteniendo las condiciones de operación para minimizar la formación de gotas de agua.

La sílice puede provocar dos problemas; la Erosión y el depósito de ésta en los álabes de las turbinas. Se ha encontrado en investigaciones minuciosas que la solubilidad de la sílice en el vapor aumenta al aumentar las condiciones de presión y de temperatura. Por lo que un mal tratamiento externo del agua para calderas, proporcionará un alto contenido de sílice, la cual será arrastrada por el vapor saturado y será más soluble en el vapor sobrecalentado y como consecuencia aparecerá como depósito en los álabes de las turbinas.

Se piensa que la sílice puede ser vaporizada en las calderas de alta temperatura y presión, pudiendo por lo tanto ser arrastrada por el vapor aun cuando se disponga de una eficiente separación entre el agua y el vapor en el domo de la-

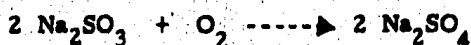
caldera. La mejor defensa contra este riesgo consiste en mantener la concentración de sílice en valores muy bajos, de preferencia menores de 5 ppm en el agua de la caldera. La experiencia operacional ha mostrado que los problemas debidos a depósitos, son mínimos en las turbinas en las que se mantiene en el vapor una concentración de sólidos disueltos de 0.1 ppm o menor y un máximo contenido de sílice de 0.025 ppm., por eso es necesario que el proceso de desmineralización del agua para calderas sea muy eficiente.

12.3.3 CORROSION POR ESFUERZOS DEBIDA A UNA DESCOMPOSICION TERMICA.

La corrosión por esfuerzos debida a una descomposición térmica es generada por la aplicación simultánea de esfuerzos de tensión y del medio corrosivo, provocando en el material fallas y por consiguiente una disminución de la ductilidad del material convirtiendo a éste en un material frágil.

Los principales contaminantes en el vapor que se presentan en este tipo de falla son: la sosa, los cloruros y los sulfuros. La sosa y los cloruros generalmente se presentan en forma de sólidos, los cuales son arrastrados por el vapor hacia la turbina. Los sulfuros pueden presentarse en forma de

sulfuro de hidrógeno debido a una descomposición térmica del sulfito de sodio, cuando se usa este para eliminar el oxígeno remanente en el agua de alimentación a las calderas, de acuerdo a la siguiente reacción:



En presencia de sulfuro de hidrógeno puede producirse la corrosión por esfuerzos provocando una fragilización del metal por el hidrógeno. El hidrógeno reacciona con el carbono del acero para producir metano (CH_4), generando altos esfuerzos intergranulares, sin embargo también el hidrógeno puede interferir en el enlace fierro-fierro en el acero reduciendo de esta manera la ductilidad del material.

La fragilización cáustica en las aleaciones de los álabes de las turbinas se describe como la reacción entre la sosa cáustica y el límite de grano del acero en un medio en presencia de altos esfuerzos, alta temperatura y alta concentración de sosa cáustica, produciendo una falla en el material.

12.4 DEPOSITOS EN LOS ALABES DE LAS TURBINAS.

El incremento sustancial de las presiones en --

las diferentes etapas de la turbina, para un mismo flujo de vapor, indicará que ha habido un cambio en las áreas por donde fluye el vapor. Si el incremento se ha desarrollado gradualmente, se puede casi asegurar que la dificultad ha sido originada por arrastres de materias extrañas en el flujo de vapor de la caldera. Estos depósitos están formados casi siempre por los mismos elementos encontrados en el agua de la caldera. Las pequeñas gotas de agua arrastradas en el vapor pueden evaporarse hasta secarse por completo a su paso por el sobrecalentador y las minúsculas partículas de sólidos en disolución remanentes son arrastradas por el flujo de vapor. Estas impurezas podrán depositarse, dependiendo del tipo de material y condiciones de temperatura en el sobrecalentador o en algún punto de la turbina; en este último caso el depósito podrá efectuarse en casi cualquier punto de la máquina del primer paso hasta el escape, pero las mayores formaciones ocurrirán en las etapas intermedias de la turbina donde la temperatura ha descendido algo pero aún no se manifiesta humedad en el vapor. Cuando los depósitos son formados principalmente de sílice, se encuentran un poco más atrás, cerca de o en la región donde el vapor es ya húmedo.

Otros sólidos, que pueden formar depósitos, son

generalmente solubles en agua y pueden pasar de la caldera como consecuencia de una operación incorrecta del equipo de separación. Las condiciones del agua de la caldera que originen ocasionalmente la formación de espuma, la falta de eficiencia en los separadores de agua y las fugas en los diafragmas o pantallas de separación dentro del domo, son en términos generales las causas más frecuentes que originan la disminución de la pureza del vapor y las consecuente formación de depósitos en el empaletado de la turbina.

12.5 REMOCION DE LOS DEPOSITOS DEL EMPALETADO.

La eliminación de los depósitos solubles en agua -- puede efectuarse ventajosamente parando la unidad durante un período suficientemente largo para permitir que se enfríe; de este modo el agua formada por la condensación del vapor usado para arrancar de nuevo, ablandará y disolverá los depósitos.

En caso de que la unidad no pueda ser retirada de operación puede lavarse por medio de la inyección de agua de alimentación a través de una tobera o rociador en la tubería de vapor a la válvula de corte; este procedimiento tiene que llevarse a cabo cuidadosamente a fin de evitar las dificultades causadas por cambios bruscos o irregulares de temperatura o el posu-

ble arrastre de agua hacia la turbina. El cambio de temperatura se limita generalmente a unos 50 a 100°F/h y el enfriamiento -- se continúa hasta alcanzar una temperatura de algunos grados -- superior a la saturación. La comprobación de la conductividad -- del condensado nos indicará el grado en que se consiguió la di-- solución de los depósitos en las paletas, y el lavado debe conti-- nuar hasta que la conductividad comienza a descender, lo que -- significará que la parte del depósito que puede ser disuelta ha -- sido ya removida. Cuando esta condición se haya alcanzado, el -- flujo de agua se disminuirá gradualmente hasta que el vapor ten-- ga de nuevo su temperatura normal, teniendo cuidado de seguir -- los límites de cambio de temperatura mencionados anteriormente.

Quando el lavado con agua no consigue hacer que la turbina vuelva a su capacidad, puede tomarse como una indi-- cación de que probablemente los depósitos contienen sílice en -- una cantidad suficiente para hacerlos relativamente insolubles. En tales casos será necesario el lavado usando una solución --- cáustica suficientemente fuerte para remover los depósitos. Di-- cha solución tendrá que ser inyectada intermitentemente permi-- tiendo intervalos de tiempo entre dos aplicaciones consecutivas -- de la solución. El condensado formado durante el lavado y algún tiempo posterior a éste, deberá descargarse al drenaje para --

evitar contaminar el agua de la caldera con la solución de hidróxido de sodio usada. Cuando se intente lavar una turbina por medio de una solución cáustica es necesario, por supuesto, hacerlo cuando la unidad opere sin carga.

CONCLUSIONES

Con el estudio realizado en este trabajo, se puede observar lo siguiente:

Con los 9 pozos que se encuentran operando son suficientes para la alimentación de la planta de tratamiento de aguas. Ya que únicamente se requieren 5 pozos operando para su capacidad de la planta. Con la construcción de rebombeo se cuenta con una capacidad de agua de repuesto de $9,500 \text{ M}^3$, al contarse con dos tanques de balance de $4,770 \text{ M}^3$ cada uno, presentando una ventaja respecto a como se encontraba en un principio, ya que antes se bombeaba el agua directamente de cada uno de los pozos hacia los tanques de agua cruda TAC-1 y TAC-2 (localizado en la planta de pretratamiento) proporcionando de esta manera un flujo constante para los requerimientos de la Refinería.

Con respecto a la primera modificación de la Planta de pretratamiento, al adicionarle el reactor vertical (TV-207-4C), fue con la finalidad de aumentar el tiempo de residencia del agua y de los productos químicos, y a la vez aprovechar los lodos formados en el reactor, recirculándolos al tanque pa

ra formar flocúlos más grandes, obteniéndose así una reducción de dureza total de 170 ppm (que se tenía) a 100 ppm de CaCO_3 .

Con la segunda modificación de dicha planta, que consistió en el aumento de 10 bajantes en la canaleta central de reacción hacia la zona de agitación, se procedió a cegar la ranura y orificios de la canaleta de la sección poniente y se instalaron 5 ductos transversales en la canaleta central del reactor. Lo anteriormente mencionado se realizó con el objetivo de aumentar la capacidad de pretratamiento, que se prolongue el tiempo de limpieza de reactor floculador, para darle una mayor distribución, mejorar el tiempo de contacto de la mezcla de lechada cal-agua, y para comunicar la parte superior de la sección oriente y poniente del reactor.

En la planta de desmineralización únicamente se adicionó el anión número 5 con un aumento de resina aniónica débil (IRA-93) de 323 ft^3 a 700 ft^3 , para darle un flujo neto por unidad de 562 galones por minuto con un tiempo mínimo funcional por ciclo de 12 horas. Consecuentemente se requiere incrementar la altura de la parte recta del anión 1.2 m y se mantiene un 83% de espacio libre para la expansión de las camas al retrolavarse. Otra ventaja que presenta dicho equipo es el de absorber

el CO_2 en la resina aniónica fuerte ya que el CO_2 por absorber es de 26 ppm de CaCO_3 , en lugar de las 10 ppm de CaCO_3 que se tenía anteriormente.

Una recomendación para la regeneración es necesario que se establezca la práctica de precalentar el lecho estratificado y ver la posibilidad de regenerar los cationes fuertes con el fin de disminuir la fuga de sodio.

Con respecto a las fosas de neutralización se recuperan los efluentes de la planta desmineralizadora, y así se evita el desperdicio del ácido o de la base según corresponda, ya que se les dá a las aguas un tratamiento de neutralización para luego recircularlos a las torres de enfriamiento o descargarse al drenaje pluvial.

BIBLIOGRAFIA

- Plantas de vapor, arranque pruebas y operación
Charles Donald Swift
Editorial Cecsa-1976.
- Tratamiento de aguas para la industria y otros usos
Eskel Nordel
Editorial Cecsa, 1981.
- Operación de plantas industriales preguntas y respuestas
Flonka/Robinson Vol. I y II
Editorial Mc. Graw Hill. 1983
- ASTM Standard-Parte 31, 1976
- Manual de Química Aplicada
Aut. Juárez y Rochin
- Manual de Tratamientos de Agua
Limusa Wiley
- Folleto del IMP. Tratamiento de Aguas Industriales.
Ing. Sergio Picazo G.
- Folleto del IMP. Lawscó
Equipo para Tratamientos de Agua
Babcock
- Manual Zeta, S.A., Ingría. Especializada Entratamientos de -
Agua, Monterrey, N.L.
Limpieza de Resinas de Intercambio Iónico
- Handbook of industrial water conditioning
Betz. Seveth Edition. 1976.