

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas



Recuperación del Condensado de una Planta de Agua  
de Cola en una Fábrica de Harina de Pescado y su  
Tratamiento para ser utilizado como agua de  
Alimentación de las Calderas.

## **T E S I S**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR :**

Marcel Roberto Navarro Arias  
Carlos Humberto Morales Comettant

**LIMA — PERU**

**1 9 7 2**

" RECUPERACION DEL CONDENSADO DE UNA PLANTA DE AGUA  
DE COLA EN UNA FAERICA DE HARINA DE PESCADO Y SU  
TRATAMIENTO PAPA SER UTILIZADO COMO AGUA DE ALIMEN-  
TACION DE LAS CALDERAS "

I N D I C E

1.- INTRODUCCION.-

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Condiciones del Agua que se debe utilizar  
en las Calderas
- 1.3. Estudio del requerimiento de agua de las  
Pesqueras de la Zona de Paracas.

2.- OBJETIVO.-

3.- Descripción y Obtención del Condensado de Agua de  
Cola.

- 3.1. Proceso de Transformación de la Anchoveta
- 3.2. Obtención del Condensado de Agua de Cola

4.- Análisis del Condensado de Agua de Cola

- 4.1. Análisis Químicos a realizarse
- 4.2. Conclusión de los Análisis

5.- Tratamiento del Condensado en el Laboratorio

- 5.1. Introducción
- 5.2. Descripción del tratamiento en el  
Laboratorio.

6.- Ensayos de Corrosión.-

6.1. Descripción

6.2. Resultados

7.- Tratamiento del Condensado para Utilizarlo a Nivel Industrial en las Calderas.

- Filtración

- Intercambio Iónico

- Desgasificación.

8.- Balance de Materias

8.1. Cálculo del Condensado Disponible

8.2. Consumo de Vapor

8.3.- Recuperación del Condensado

9.- Equipo Para el Tratamiento del Condensado del Agua de Cola.

9.1. Tanque de Almacenamiento (1)

9.2. Filtro a Presión

9.3. Torre para Intercambio Iónico

9.4. Desgasificador Térmico

9.5. Tanque de almacenamiento(2)

9.6. Equipo complementario.

10- Estudio Económico

10.1 Inversiones.

10.2 Costo de Operación

10.3 Balance Económico.

11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .

12.- REFERENCIAS.-



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

1-1.- ANTECEDENTES.-

La posibilidad de alimentar los calderos con el condensado del agua de cola ha sido preocupación desde hace algunos años del Ing. Pasquale Canisto Traverso, Profesor de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El estudio de esta posibilidad es de mucha importancia económica para las industrias pesqueras, las que están obligadas hoy en día a utilizar agua del sub-suelo de la costa peruana, la cual no es aparente para los calderos, debido a su dureza y alto contenido de cloruros, entre otras cosas, como además también a la escasez que se experimenta en esta zona. Todo esto que se afirma será comprobado más adelante, pues se han realizado estudios por parte nuestra, en el área de Paracas, tanto de la calidad del agua como de la cantidad disponible

En el año 1967, el Instituto de Fomento Pesquero de Chile, publicó un estudio titulado: " COMPOSICION QUIMICA DEL DESTILADO DE AGUA DE COLA Y SU UTILIZACION EN CALDERA".

Este estudio nos ha valido para efectuar, nuestra investigación teórica- práctica sobre todos los

puntos que constituyen los conceptos fundamentales de nuestra Tesis , y al efecto, se ha tomado como centro de operaciones del estudio, la zona de Paracas en Pisco, y más específicamente las Instalaciones de la Fábrica de Consorcio Ballenero S.A. , las cuales han servido como planta piloto.

Siendo nuestro propósito tomar todos los datos técnico-prácticos, de la Instalación piloto de Pisco y al mismo tiempo recoger muestras del condensado, hemos visitado en repetidas oportunidades durante el año 1971-72, la planta arriba mencionada y levantado un plano de las instalaciones de vapor sobre las cuales, después de un atento exámen, hemos elaborado el proyecto de la nueva instalación básica para el tratamiento a nivel industrial del condensado; paralelamente nos hemos trasladado, durante ese mismo periodo de tiempo a la Fábrica Industrial Propesca S.A. del Callao. En esta planta, hemos reunido, todas las muestras de condensado de Agua de Cola, necesarios para el desarrollo de los análisis de la presente Tesis.

La importancia de nuestro estudio, fué puesta en evidencia también en el diario " El Comercio" de Lima de fecha 15 de Febrero de 1971, como se puede

apreciar en la copia adjunta, en la siguiente página.

El Ministerio de Pesquería a través de la comunicación del Sr. Rector de la Universidad Nacional de Ingeniería, de fecha 2 de Setiembre de 1971, tiene conocimiento de este estudio, cuyos resultados servirán de base para que la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica del mismo Ministerio, pueda ampliarlos para un posterior estudio en un programa de futura investigación en cada Pesquera.

1-2- Condiciones del agua que se debe utilizar en los Calderos.-

Tratamiento del agua para Calderos.- Las ventajas de un Caldero moderno, sólo puede ser aprovechadas si se presta la debida atención al tratamiento del agua. Ningún caldero puede funcionar con eficiencia si se permite que las superficies de termo-transferencias se ensucien por la formación de incrustaciones o se tolera que ocurra corrosión del metal, por lo tanto se debe evitar esto, como tambien la formación de espuma y arrastre de agua en el vapor en cualquier condición de funcionamiento.

Cuando el Caldero es alimentado con agua dura ( se denomina así al agua que contiene disueltas sales de calcio y magnesio), se forma en el interior de la superficie del Caldero ( tubos y placas) un depósito calcáreo de gran dureza llamado " Caliche" que dá lugar a las incrustaciones. Estas incrustaciones se oponen a la transferencia del calor y por lo tanto son responsables de la pérdida de eficiencia del Caldero y por consiguiente el aumento de consumo de combustible, llegando a veces hasta 10 % de lo normal. El aumento considerable de temperatura por recalentamiento del metal, reduce la vida del CALDERO y muchas

veces ocasiona serias explosiones. El carbonato cálcico produce incrustaciones poco consistentes . El sulfato cálcico produce incrustaciones muy duras. La sílice produce una costra dura y muy poca conductora del calor.

La corrosión se produce por falta de alcalinidad en el agua que es por lo que se debe mantener un nivel óptimo de pH y libre de gases arrastrados como dióxido carbono y oxígeno. Este nivel óptimo de pH se encontrará generalmente entre 10 y 11 de forma que se hallen presentes en el ciclo de la caldera una cantidad mínima de productos corrosivos de hierro y cobre. Un pH más elevado que el recomendable indica una alcalinidad más elevada y puede llevar a la formación de espuma y arrastre de materias sólidas en el vapor.

El contenido de cloruros en el agua indican la cantidad de sólidos disueltos y cuando estos son elevados dan como consecuencia el fenómeno de " arrastre " en el vapor ( gotas de agua). Además dan lugar a continuas purgas en el Caldero.

La selección del método y del equipo para el tratamiento, solo debe hacerse después de un análisis de la composición del agua, calidad del agua, del relleno necesario, tipo de caldero y presión operativa.

Normas relativas del Agua para Calderas.-

La alcalinidad en el agua de Calderas se mantendrá entre 2.5 y 3.5. ppm.

La dureza del agua de Calderas se mantendrá en 0 (ceró.)

El contenido de cloruros ( indica la cantidad de sólidos disueltos) permitido es

a.- Para Calderas tubo de fuego 50 ppm.  
( igneotubulares)

b.- Para Calderas acuotubulares con  
tubos de 2" Ø como mínimo. 25 ppm

y con tubos menores de 2" Ø 15 ppm.

El p.H. debe encontrarse entre 10.0 y 11.0.

Todos estos valores deberán ser controlados a través de los análisis que se realizarán diariamente.

Tipos de Tratamiento de Agua.

Aeración

Coagulación, sedimentos y filtración

Procedimiento de Zeolita

Intercambio de cationes de hidrógeno

Desmineralización.

Procedimiento de calsosa caliente

Procedimiento de cal fría ( o calsosa)

Desaeración.

Remoción del hierro y manganeso.

1-3- Estudio del requerimiento de agua de las Pes-  
queras de la Zona de Paracas.-

Las fábricas de harina de pescado que se encuentran en la zona de Paracas son: Consorcio Ballenero, Argos,, El Molino, La Gaviota, y estas se abastecen de agua de galerías subterráneas, la calidad del agua obtenida es mala para los calderos. Esto se deduce por los análisis efectuados y que se muestran en los cuadros N°1,2,3 y 4 . Hay que tomar en consideración también la escasez del agua en mención.

La Fábrica del Consorcio Ballenero, se abastece en la actualidad de tres galerías subterráneas.

La profundidad de estas galerías es de :

	<u>Profundidad</u>	<u>Extensión</u>	<u>Abastecim.</u>
Gal 1.	11.2m	47.0m	4 ton/hr.
Gal 2	11.30 m.	25.0m.	3 "
Pozo # 1	9.45m	--	3 "
			<hr/> 10 ton/hr.

Se debe poner en evidencia que de las 10 ton/hr de agua que se producen, hay un consumo de 1.5 ton/hr. en promedio en la población adjunta a la fábrica y para el consumo en las bolicheras; y si consideramos 0.5 ton/hr. para otros servicios de la fábrica dispone-

mos de 8 ton/ hr. para ablandamiento; que a la semana representa 1300 toneladas.

En el Capítulo 8 , correspondiente al Balance de Materias , veremos que se requiere para calderos 2000 toneladas por semana; por consiguiente hay un déficit de 700 ton. ó sea de 7 ton/ hr.



CUADRO # 1

ANALISIS DE AGUA CRUDA

1.- Pozo Bomba: 1.

Superficial	345 ppm. de cloruros
a 50 cms.	1,185 " "
fondo (1m)	1,450 " "

2.- Galería.-

Superficial	568 ppm. de cloruros
fondo (50 cm).	1,225 " "

3.- Pozo Galería.-

Superficial	1,700 ppm. de cloruros
-------------	------------------------

4.- Agua del Caño( Laboratorio)

1,400 ppm. de cloruros

El agua de la galería" casi" no tiene movimiento

Agua del Pozo de la Población.

540 ppm. de cloruros.

CUADRO # 2

ANALISIS EN MUESTRA DE AGUA CRUDA

<u>Muestra</u>	<u>Cloruros</u>	<u>Dureza</u>	<u>p.H.</u>	<u>Alcalinidad n</u>	
3a	1,072 ppm.	556ppm	8.5	110 ppm.	El Molino
3b	170 "	42 "	9.0	120 "	Gaviota
3c	521 "	236 "	8.5	100 "	Argos
3d	1,530 "	706 "	8.5	80 "	C.B.S.A.
3e	592 "	140 "	8.0	80 "	Pozo de los Chinos. ( Pozo N°1.)

---

CUADRO # 3

Análisis de agua de las galerías de las siguientes

Pesqueras :

Consorcio Ballenero S.A.

Cloruros 1,455 ppm

Dureza 343 "

Argos

Cloruros 334 "

Dureza 70 "

Gaviota

Cloruros 150 "

Dureza 60 "

CUADRO # 4

Análisis de Muestras de Agua Ablandada (Zeolita) del  
Consortio Ballenero .-

**Análisis:**

Cloruros	1,450 ppm
Dureza	14 "
p.H.	8 "
Alcalinidad	100 "

---

CUADRO # 5

Resultado de los análisis del agua de las zonas Aledañas.-

	<u>Dureza</u> ppm	<u>Alcalinidad</u> ppm	<u>Cloruros</u> ppm	<u>Fosfatos</u> ppm	<u>p.H.</u>
La Puntilla	42	105	88.7	20	8.5
Pisco(Potable)	254	100	177.5	20	8.0
Cenafer	494	125	750	20	8.5
Pozo A.Jordan	54	110	106	20	8.5

---

Se puede sacar como conclusión de los análisis efectuados, tanto de las aguas que utilizan las pesqueras referidas, como de las zonas aledañas que, la calidad de éstas no es recomendable para calderos debido a su dureza y alto contenido de cloruros, lo cual no se logra eliminar con el tratamiento usual, o sea por medio de ablandadores.

Además se puede apreciar que la cantidad de agua que las galerías producen es reducida, existiendo épocas del año en que esta disminución es más notoria.

Cabe mencionar que el agua de la Puntilla está destinada para el Terminal Pesquero de Punta Pejerrey , lo cual hace que sea imposible disponer de ella.

El agua Potable de Pisco, también presenta dificultad de obtenerla por acueducto debido a problemas en la red de distribución existente en la ciudad y la distancia que separa al tanque colector hasta la Pesquera.

## 2.- OBJETIVO.-

Por las conclusiones obtenidas gracias a los resultados de las investigaciones acerca de la calidad y cantidad del agua existente, y tomando en consideración la iniciativa del Profesor Ing. Canisto, es que se ha fijado como objetivo de éste estudio el poder utilizar el condensado de las plantas de agua de cola de las Fábricas de Harina de Pescado, como agua de alimentación de los calderos, para lo cuál se deberá someter a análisis dicho condensado, tanto físico-químicos, como bio-químicos y así determinar su composición y características, y poder de ésta manera recomendar un posible tratamiento, utilizando los reactivos más convenientes, así también determinar el costo de los equipos a utilizar y el costo de tratamiento por cada tonelada de condensado.

De esta manera, queremos tratar de solucionar en la forma más económica posible el problema de agua para calderos de aquellas fábricas de harina de pescado que actualmente se encuentran éstas en condiciones contrarias a la seguridad y que están a lo largo de la Costa Peruana.

### 3.- DESCRIPCION Y OBTENCION DEL CONDENSADO DE AGUA DE COLA.-

Para poder llegar a describir lo que es el condensado de agua de cola y su obtención, debemos de lineal el proceso de transformación de la anchoveta, del cuál su principal objetivo es conseguir la harina de pescado y el aceite; dentro de dicho proceso se involucra lo que significa el agua de cola y su posterior tratamiento para ser integrada al proceso de obtención de la harina de pescado; como sub-producto del tratamiento del agua de cola se desecha el denominado condensado de agua de cola, que para nosotros es la materia prima básica del estudio.

#### 3.1. PROCESO DE TRANSFORMACION DE LA ANCHOVETA.-

##### 3.1.1. GENERALIDADES.-

Consideramos a la anchoveta como materia prima principal para la producción de harina de pescado y de aceite, ya que la gran mayoría de las Pesqueras la utilizan como materia prima por aspectos técnicos, por ser materia prima principal, daremos a continuación unos datos generales de la Anchoveta.

La Anchoveta es un pez pelágico de la familia engraudilae, de color negruzco en el dorso y plateado en el vientre y los costados. La anchoveta comercial se puede hallar desde las 50 millas hasta cerca de las 100 millas de la costa en grandes cantidades, se captura la Anchoveta para su transformación a la longitud aproximada de 12 a 16 cm., pudiendo variar la longitud de 6 a 18 cm., la mayoría de las que son objeto de transformación se encuentran a 50 millas de la Costa (1).

La composición química de la Anchoveta es la siguiente:

Solidos:	19.2 %
- Minerales :	3.0 %
- Proteinas :	16.2 %
Grasa:	8.0 %
Agua:	<u>72.8 %</u>
	100.0 %

Conociendo la composición química de la Anchoveta, y sabiendo que la harina de pescado para su mejor conservación y uso debe estar compuesta aproximadamente de una parte de agua y una parte de grasa por cada 8 partes de sólidos, por lo tanto se deben eliminar las sustancias que están demás ( parte agua

y parte de aceite), ésto se realiza siguiendo un procedimiento general que se describe a continuación, bajo el sub-título de " Descripción ".

### 3.1.2.- DESCRIPCION.-

La Anchoveta se receptiona de las Boliceras, en embarcaciones pequeñas llamadas " Chatas" ó " Absorbente". las cuales bombean el pescado con agua de mar, hasta la planta por una tubería de fierro de 14" de diametro, el proceso comienza con 2 " Chatas" , el pescado impulsado por un absorbente llega a un filtro vibrador, en el que pierde una cantidad de agua, luego pasa a las tolvas, previamente calibradas y se descarga el pescado en las pozas de almacenamiento que son 4 ( mediante un distribuidor), despúes se transporta el pescado hacia los cocinadores, en los que se ablanda la estructura del pescado, con vapor directo ó indirecto, luego se lleva por los gusanos desaguadores, de donde, por un lado sale el caldo de los desaguadores y por el otro sale el pescado, de aquí el pescado va a la prensa de doble gusano, en la que se extrae gran parte del agua y del aceite. El cake de prensa pasa al secador que es a



fuego directo en el cual se efectúa la eliminación final del agua, obteniéndose la harina de pescado.

El caldo de los desagüadores se junta con el caldo de prensa y es llevado a diversos tanques, en uno de los cuales es precalentado; este caldo precalentado que contiene gran cantidad de sólidos en suspensión se manda a los separadores de sólidos, en los que se recuperan gran parte de sólidos, y que luego se mezcla con el cake de prensa. El caldo es colectado y precalentado para producir la sedimentación de finos. Los que malograban las centrífugas de boquilla a las que el caldo es enviado para recuperar el aceite, quedando al final de estas operaciones la llamada " Agua de Cola"

Siguiendo con el proceso, pero ahora para el agua de cola, ésta se lleva a unos tanques y luego a la planta de agua de cola, pero considerando que esta parte del proceso está involucrada en la obtención del condensado del agua de cola, la dejamos para comentarla en el siguiente subtitulo.

El calor, en forma de vapor, necesario para la fábrica es proporcionado por los calderos siguientes: 3 Calderos Siller & Jamart de 15 tn Vap/hr. total, 2 Calderos Promecan de 10 tn V/h y 12 tn V/h y 1 Caldero Metal Empresa de 10 tn vap./h, con los

los cuales cubren las exigencias de la fábrica.

### 3.2.- OBTENCION DEL CONDENSADO DE AGUA DE COLA.-

El agua de cola obtenida de las centrifugas de boquilla contiene proteínas, minerales y vitaminas, que son necesarias para integrarles al cake de prensa antes de su ingreso al secador, tiene que pasar por un proceso de evaporación.

El p.H. aproximado del agua de cola es 6.3 la cantidad de materia aprovechable es 8 % y como agua 92 %.

El agua de cola que entra a las plantas correspondientes, pasa primero por un intercambiador ( cada planta tiene su intercambiador ), para precalentarla, y luego por 4 efectos, en los cuales se produce la evaporación y por ende la concentración del agua de cola. Cada planta de A.D.C. consta de 1 intercambiador y 5 efectos. Están instalados 5 efectos para que uno siempre se encuentre limpiando y de este modo se mantiene la eficiencia de la producción de concentrado de agua de cola.

Como consecuencia de la evaporación, mediante vapor del caldero, se obtiene vapor de agua de cola, en el primer efecto, que se utilizará como

fuelle de calor en el segundo efecto, y al usarlo este último como fuente de calor se condensará en el 2º efecto y se elimina; así del mismo modo, el vapor de agua de cola del segundo efecto, se usará para concentrar más al agua de cola y por consiguiente su condensación, lo mismo sucede con el vapor del 3 er. efecto ( Ver Gráfico N°1 ), el vapor del último efecto es necesario extraerlo mediante vacío. Ahora bien, los condensados obtenidos del 2, 3 y 4 to. efecto, son los que llamamos " Condensados de Agua de Cola"., y se eliminan actualmente, prefiriendo tomar para nuestro estudio los condensados del 2do y 3er. efecto, ya que el del 4to. efecto es muy impuro, conteniendo muchos arrastres y materias orgánicas.

Por efecto de la evaporación, sale un concentrado de agua de cola que como se dijo anteriormente se integra el cake de prensa antes de entrar al secador; este concentrado sale con un 35 % de sólidos.

Los valores de presiones y temperaturas se pueden hallar en el Gráfico N°1.

#### 4.- ANALISIS DEL CONDENSADO DE AGUA DE COLA.-

Para llevar a cabo los análisis de condensado de agua de cola se tomaron muestras de condensado que salen de los evaporadores del 2º y 3º efecto, haciendo una mezcla de ambos efectos mitad y mitad.

Ahora bien, lo que también es de vital importancia es el tiempo que permanece la anchoveta en las pozas de almacenamiento desde la captura hasta su procesamiento. Esto influirá en aumento ó disminución de algunos compuestos, debiéndose tener en cuenta, para guiarnos al obtener un rango de valores de las impurezas que necesariamente deberán ser eliminadas.

#### 4.1.- ANALISIS QUIMICOS A REALIZARSE.-

A continuación daremos una relación de elementos, compuestos y otros valores que van a ser determinados en forma cuantitativa, indicando en el momento debido la forma como influyen en el estudio.

#### 4.1.1.- NITROGENO TOTAL.-

Dentro de este rubro se determinarán todos los compuestos nitrogenados, expresados en la forma de nitrógeno.

Se usaron dos métodos volumétricos de análisis de nitrógeno, el de Okloff y el Semimicro-Kjeldahl. Para este último fué necesario la elección

del método debido a la existencia del Micro-Kjeldahl y el Kjeldahl, habiéndose elegido el Semimicro-Kjeldahl porquesu rango de resultados aceptables así lo permi-

- Método de Semimicro Kjeldahl.- (2)

EQUIPO

1 Matraz de fondo redondo Pyrex  
de 200 ml., con cuello de 120mm.

1 Matraz Kjeldahl de 1lit.

1 Bulbo de conexión Kjeldahl

2 Embudos con llave

1 Condensador Liebig, con una  
chaqueta de 30 a 40 cm. de lon-  
gitud.

1 Erlenmeyer de 250 ml.

REACTIVOS

NaOH 2N; 10N

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc; 0.01N

Sulfato de potasio

Sulfato cúprico

Agua Oxigenada al 30%

Acido bórico 4 % p/v

Indicador Rojo de  
metilo.

DESCRIPCION .- Se agrega al matríz de digestión 50 ml. de muestra, luego añádase 1 g. de una mezcla pulverizada de 10 partes de sulfato de potasio y una parte de sulfato cúprico. Se arrastranhacia el interior, las partículas de sustancias que se hayan adherido al cuello del matríz con ayuda de un pequeño chorro de agua (sobrentendiéndose que se trata de agua destilada, lo mismo que todos los reactivos usados son químicamente puros).

Se añaden 7 ml. de  $H_2SO_4$  concentrado, dejándose resbalar por las paredes del matr az y despu es moviendo el matr az por rotación añadir 1 ml. de agua oxigenada al 30 % con precaución, a lo largo de las paredes del matraz. Calentar el matraz a fuego directo hasta que la solución que inicialmente estaba verdosa, adquiere un color azul claro y las paredes del matr az queden libres de sustancias carbonizadas ( no añadir el agua oxigenada durante la digestión). A adase al producto de la digestión con precaución 20 ml. de agua. enfriese la solución y unir el matr az al aparato de destilación, añadir por el embudo que se halla entre el balón de tres bocas que produce el vapor y el matr az de digestión , 20 ml. de solución acuosa de NaOH al 40 % p/v ( Peso de NaOH/ Volumen total de solución). Lavar el embudo con 10 ml. de agua, cerrar la pinza y comenzar inmediatamente la destilación a vapor. Recoger el destilado en 15 ml. de solución acuosa de ácido bórico al 4 % p/v a la cuál se han añadido 3 gotas de rojo de metilo, y suficiente cantidad de agua para cubrir el extremo del tubo refrigerante. Continúese la destilación hasta que el destilado mida de 80 a 100 ml. , se retira el frasco de absorción, lavar el extremo del tubo del refrigerante

con una pequeña porción de agua y valorar el destilado con  $H_2SO_4$  0.01N.

CALCULOS.- Considerando que la muestra se ataca con ácido sulfúrico y además se necesitan otros reactivos ( que actúan como catalizadores), la solución resultante contiene el nitrógeno en la forma de sulfato de amonio que luego se hará reaccionar con el hidróxido de sodio, dando por lo tanto hidróxido de amonio, y después este hidróxido de amonio se recibe en ácido bórico, dando el borato de amonio que se valorará con ácido sulfúrico, produciéndose la siguiente reacción:



En la cual 1 mol de  $H_2SO_4$  neutraliza 1 mol de  $B_4O_7(NH_4)_2$  por consiguiente 98 gr. de  $H_2SO_4$  neutralizan a 28 gr. de N, ó lo que es lo mismo 98 mg de  $H_2SO_4$  neutralizan a 28 mg. de N.

De este modo sabiendo la cantidad de  $H_2SO_4$  usada en la neutralización se conocerá la cantidad de nitrógeno que tenía la muestra inicial.

Ahora si el  $H_2SO_4$  usado era de normalidad de 0.01, entonces cada ml. de  $H_2SO_4$  0.01 N tendrá:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ml.} \times 0.01 \text{ eq.} \times 1 \text{ mol} \times 98 \text{ gr.} \\ 1000 \text{ ml.} \quad 2 \text{ eq.} \quad 1 \text{ mol.} \end{array} \quad 0.49 \text{ mg.}$$

Luego si : 98 mg  $H_2SO_4$  neutralizan a 28 mg. N.

$$0.49 \text{ mg } H_2SO_4 \quad "$$

$$X = 0.140 \text{ mg. N.}$$

Por tanto cada ml de  $H_2SO_4$  0.01 N combinado corresponden a 0.140 mg. de N.

Además de esto se debe tomar en cuenta la cantidad de ácido necesaria para la titulación del " Blanco" , esto es que en lugar de hacer la destilación a vapor con la muestra y el NaOH. se hace solamente con la soda, y se titula. Esta cantidad debe ser disminuída de la cantidad antes mencionada, es decir la resultante de la titulación de la mezcla tratada y que se añade la soda, multiplicándose después por el factor 0.140, nos darán los miligramos de nitrógeno por litro de muestra.

DATOS:

Volumen de muestra = 50 ml. de condensado de agua de cola de Ancholeta fresco.

Volumen de  $H_2SO_4$  0.01 N usado para la titulación del " Blanco" = 3.5 ml.

Volumen de  $H_2SO_4$  0.01 N usado en la titulación de la muestra = 27 ml.

Por lo tanto el volumen de  $H_2SO_4$  0.01 N. real para la titulación =  $27 - 3.5 = 23.5$  ml.

y tendrá  $23.5$  ml  $H_2SO_4$  0.01 N  $\times$   $\frac{0.14 \text{ mg N}}{\text{ml } H_2SO_4 0.01 N} = 3.29$  mg N.

pero como esto es para una muestra de 50 ml., en 1000 ml de muestra habrá : 65.8 mg. N.



o o La muestra de condensado de agua de cola de Anchoveta fresca tiene: 65.8 mg. N/lt. muestra.

Metodo de OKOLOFF.- (3).

EQUIPO

REACTIVOS

3 Matraces de destilac. de 1 lit. Etanol

2 Matraces Erlenmeyer de 1 lt. Oxido de Magnesio

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N

2 Condensadores Liebig separable, Indicador acido  
con 75 cm. de chaqueta.

rosólido en etanol

1 Bureta de 50 ml.

al 80 % .

NaOH 0.1 N; al 30 %

Nitrito de Sodic

Acido Acético

Piedra Pomez ó Porce-  
lana.

Solución de Formaldehido.

Este equipo y reactivos que se presentan nó solo servirá para el caso de hallar la cantidad de nitrógeno total sino en las experiencias posteriores que se requiera el método de Okoloff.

DESCRIPCION. Con el método volumétrico de Okoleff se ha determinado la cantidad de nitrógeno volátil total, trietilamina, amoníaco, y otras aminas, aquí se desarrollará la descripción del método para hallar el nitrógeno total.

Tómese 2 matraces de destilación, y en cada uno de ellos, mida 400 ml. de muestra, agregar 30 ml. de Etanol y 2 g. de Oxido de Magnesio a cada matraz, conéctase cada uno a un condensador inclinado, y destílese su contenido para recogerlo en matraces erlenmeyers que contengan 25 ml. de  $H_2SO_4$  0.1 N. Prosiguiendo con la destilación hasta que hayan pasado las 3/4 partes del líquido aproximadamente, pero determinando el punto final de la destilación con papel de tornasol. Hervir ambos destilados hasta eliminarles el anhídrido carbónico ( 10 a 15 minutos). Agréguese a ambos destilados c.2 ml. de indicador al 0.2 % de ácido resólico en etanol al 20 % y titular el exceso de ácido con  $NaOH$  0.1 N. acidular ligeramente uno de los destilados titulados, se enfría, tapa y se conserva en un refrigerador para hacer la determinación de amoníaco en el acápite correspondiente, con el otro destilado titulado se continúa el proceso para la determinación de trimetilamina.

CALCULOS.- Para calcular los miligramos de nitrógeno volátil total contenidos en 400 ml. de condensado se multiplica por 7 (3) el número de mililitros de ácido combinado, pero como esta cantidad es para 400 ml. de condensado, se deberá resolver una regla de tres simple para hallar la cantidad en un volumen total de 1 litro de muestra.

EJEMPLO DE CALCULO.-

Muestra inicial= 400 ml. de condensado de agua de cola de Anchoqueta fresca.

Titulación = 20.9 ml. NaOH 0.1 N.

cc Acido combinado = 25- 20.9 = 4.1 ml.

La cantidad de nitrógeno será  $4.1 \times 7 = 28.7$  mg N/400 ml. muestra inicial.

Como se explicó, éste debe llevarse a un volumen de 1 litro.

Entonces:	28.7	400 ml.
		1000 ml.

X = 71.5 mg N/ litro de muestra.

El vapor de nitrógeno total de condensado de agua de cola de Anchoqueta fresca es = 71.5 mg N/ lt. muestra.

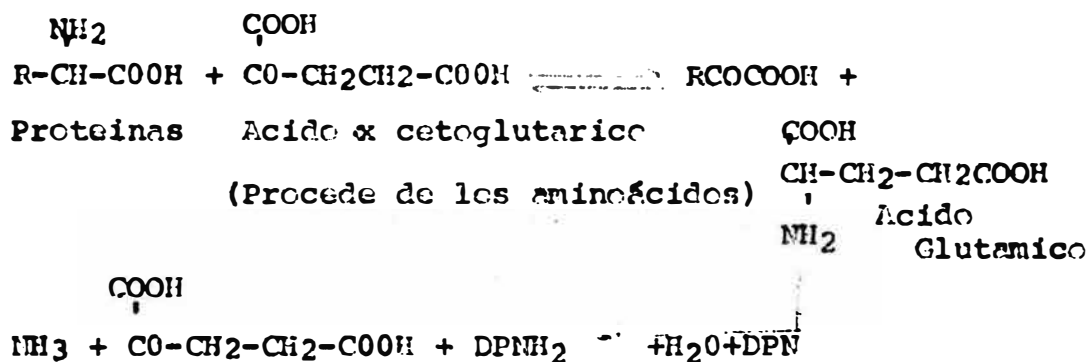
4.1.2.- AMONIACO.-

El Amoníaco se origina por hidrólisis del enlace peptídico de las amidas de los ácidos, glutámico, aspártico y de la urea.

Cuando la descomposición está mas avanzada, la mayoría de los aminoácidos sufren la desaminación por la acción de bacterias (4).

Se desconoce el camino por el cual los animales pueden convertir los aminoácidos en proteínas.

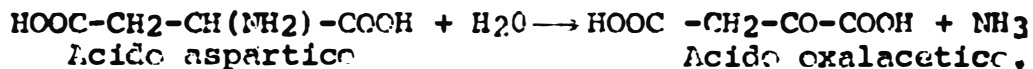
a) Hidrólisis del ácido glutámico.



DPN= Coenzima I ó Difosfo Piridinucleótico.

b) Hidrólisis del ácido aspártico.

La hidrólisis de las proteínas da el ácido aspártico.



c) Hidrolisis de la Urea.

La urea es producto final del metabolismo de alimentos nitrogenados.



METODO DE OKOLOFF (3).

DESCRIPCION.- El destilado titulado, según se indicara en la determinación de nitrógeno total, y que se conservara en el refrigerador, se le debe incorporar NaOH 0.1N, hasta neutralizar exactamente (rosa debil) enseguida, agréguese 20 ml. de la solución de formaldehído límpida, que previamente se habrá titulado con alcali 0.1 N, hasta color rosado definido, luego titulese el total con NaOH 0.2 N.

CALCULOS.- Para hallar los miligramos de nitrógeno amoniacal contenidos en los 400 ml. de muestra inicial, se debe restar del número de mililitros de alcali 0.2 N usados en la titulación total, la cantidad de alcali requerido para la neutralización del formaldehído y luego multiplicar esta diferencia por 14 (3).

Pero como se debe encontrar el valor de nitrógeno amoniacal para un litro de muestra, se debe multiplicar el resultado anterior por 2.5 , además si se tiene en cuenta que vamos a dar el valor de miligramos de amóníaco por litro de solución se tiene que

multiplicar por el siguiente factor:

$$F = \frac{17 \text{ mg NH}_3}{14 \text{ mg N.}}$$

$$F = 1.21 \text{ mg NH}_3 / \text{mg. N.}$$

EJEMPLO DE CALCULO:

Muestra inicial = 400 ml. de condensado de agua de cola  
de Anchoveta fresca.

Titulación total = 2.5 ml. NaOH 0.2 N.

Titulación de formaldehído = 1.8 ml. NaOH 0.1N

equivale a 0.9 ml. NaOH 0.2N

entonces la diferencia es = 2.5 - 0.9 = 1.6 ml.

o o  $1.6 \times 14 = 22.4 \text{ mg N}/400 \text{ ml. muestra inicial}$

$22.4 \times 2.5 = 56 \text{ mg N}/ \text{lt. muestra}$

Multiplicando por el factor 1.21 nos dá 67.7 mg NH<sub>3</sub>/lt.  
muestra.

#### 4.1.3.- TRIMETILAMINA Y OTROS COMPUESTOS NITROGENADOS.-

La Trimetilamina es constituyente normal  
del tejido muscular del pescado en el estado de óxido  
de trimetilamina (5), así :

(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> NO reducción con bacterias. (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> N.

Por otro lado las aminas restantes son ori-  
ginadas por desaminación y descarboxilación no oxida-  
tivas de los aminoácidos. (4).

las aminas se hubieran determinado por separado en aminas primarias, secundarias y terciarias no en grupo como se determinará en nuestro estudio, debido a que los métodos que se iban a utilizar que son el de la ASTM (6)., como también por espectrofotometría se tuvo que dejar de lado, por dificultades que estuvieron fuera del alcance de nosotros, es por ese motivo que nos tuvimos que valer del método de Okoloff, que determina la trimetilamina y en grupo las otras aminas y compuestos nitrogenados.

METODO DE OKOLOFF (3).

a) Nitrógeno de La Trimetilamina.-

DESCRIPCION.- El segundo destilado obtenido para hallar el contenido de nitrógeno total por este mismo método, pasarlo, desde el colector a un matraz de destilación, enjuáguese y dilúyase hasta unos 300 ml. incorporar 20 g. de nitrito de sodio y 25 ml. de ácido acético, calentar la mezcla durante 40 a 60 minutos, con una llama pequeña, colocada bajo el conducto de salida; si sobre las paredes del matraz se formaran cristales, disminúyase más aún la llama. Dilúyase el líquido altamente concentrado y llevarlo a su volumen primitivo, luego agréguese piedra pomez ó pedazos

de porcelana, fíjese a la pared del matraz un trozo de papel tornasol, e incorpore 50 ml. de NaOH al 30 % conéctese con el condensador, agitar para humedecer el papel de tornasol ( que se debe colorear de azul) y destílese, para recoger el destilado en el colector ( Erlenmeyer) que contendrá 25 ml. de  $H_2SO_4$  0.1N.

La operación se prosigue hasta que hayan pasado las 3/4 partes del líquido, destílese como se hiciera antes sobre una llama pequeña, la cuál se bajará si se formaran cristales sobre las paredes. Determinar con la ayuda del papel tornasol el final de la destilación, hiérvase el destilado durante 15 minutos para eliminar el  $CO_2$ ; luego enfriar y titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N, usando como indicador 0.2 ml. de ácido rosólico.

CALCULOS.- Se calculan los miligramos de nitrógeno de la trimetilamina por los 400 ml. de muestra, multiplicando por 7 (3) el número de mililitros de  $H_2SO_4$  0.1 N combinado, luego para 1000 ml. de muestra se multiplicará el resultado anterior por 2.5, posteriormente como lo que nos interesa saber es que cantidad de miligramos de trimetilamina hay por litro, se hará lo siguiente:



si por 14 mg N hay 59 mg. de  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ .

y mg N habrá X mg. de  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ .

$$\text{O}^{\text{do}} \text{ X mg } (\text{CH}_3)_3\text{N} = \text{y mg N} \times \frac{59 \text{ mg de } (\text{CH}_3)_3\text{N}}{14 \text{ mg.N.}}$$

Por consiguiente habrán x mg  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ / litro de muestra. El factor de conversión de mg de nitrógeno a mg de trimetilamina es 4.21

Ejemplo de Cálculo.-

Muestra inicial = 400 ml. de condensado de agua de cola de Ancholeta fresca.

Titulación = 24.4 ml. NaOH

Acido combinado =  $(25 - 24.4) = 0.6$  ml.

Nitrógeno de trimetilamina =  $0.6 \times 7 = 4.2$  ml.

Pero este es en 400 ml. de muestra, por lo tanto en 1000 ml. , hay = 10.5 mg. N.

Multiplicando por el factor de conversión, se obtendrá:  
44.2 mg. trimetilamina/ litro muestra.

b) Otros Compuestos Nitrogenados.-

Considerando que si la cantidad de nitrógeno total es superior a la suma de los valores de nitrógeno correspondiente al amoníaco y a la trimetilamina; la diferencia representaría este grupo, pudiendo ser aminas primarias y secundarias.

#### 4.1.4. ACIDOS VOLATILES.-

Los ácidos que pueden obtenerse son los de bajo peso molecular desde el ácido fórmico hasta el caprílico ( acético, propiónico; n-butírico, n-valeriano, caprónico, heptílico).

- Método de determinación de Acidos Volatiles (7).

##### EQUIPO

##### REACTIVOS

1 Generador de vapor, balón de 3 bocas de 1 litro.

Acido sulfúrico (1+1)

1 Matraz de destilación de 1 litro.

Sulfato de Magnesio-  
 $SO_4Mg \cdot 7H_2O$ .

1 Condensador Liebig separable de un mínimo de 75 cm. de longitud. de chaqueta.

NaOH 0.1 N.

1 Matraz receptor, provisto de un tubo de cal sodada.

Indicador fenolftaleina.

##### DESCRIPCION.-

Se toma 150 ml. de muestra de condensado, que previamente ha sido pasado por la columna de intercambio que contiene la resina catiónica, ya que este método requiere que la base nitrogenada sea eliminada y liberar los ácidos que se encontraban en forma de sales, luego se ajusta la muestra a un pH de 4, con

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1+ 1 ( 1 volúmen de ácido concentrado con 1 volúmen de agua) y se vierte rápidamente en forma cuantitativa al matraz de destilación , agregándose sulfato de magnesio hasta un ligero exceso de saturación. Se calienta el matríz con llama pequeña, hasta que se inicie el desprendimiento rápido de ácidos volátiles con lo que se evita un aumento excesivo en el volúmen de la mezcla. A continuación se inicia la destilación a vapor en forma lenta, para que se recojan unos 200 ml. de destilado, en unos 25 minutos, se aumenta la velocidad de destilación y se continúa la operación hasta lograr un total de 600 ml. de destilado, se puede presentar una ebullición tumultosa con formación de espuma, pero esto se puede evitar fácilmente controlando la destilación a vapor, se titula el destilado con NaOH 0.1 N, usando fenolftaleína como indicador.

CALCULOS.- Los miligramos de ácidos volátiles, los expresaremos como si fueran ácido acético, así :

Haciendo la reacción estequiométrica del método:



40 mg NaOH neutralizan a 60 mg. CH<sub>3</sub>COOH

Si 1 ml. de NaOH 0.1 N, contiene:

$$1 \text{ ml} \times 0.1 \frac{\text{equiv.}}{1000 \text{ ml.}} \times 1 \frac{\text{mol}}{40 \text{ gr.}} = 0.004 \text{ gr.}$$

1 equiv. 1 mol.

1 ml. de NaOH 0.1 N tiene 4 mg. NaOH.

por lo tanto si 40 mg NaOH neutralizan a 60 mg. CH<sub>3</sub>COOH

$$4 \text{ mg. NaOH} \qquad \qquad \qquad X \text{ mg CH}_3\text{COOH}$$

luego X = 6 mg. CH<sub>3</sub>COOH.

o sea 1 ml. de NaOH 0.1 N equivale a 6 mg. CH<sub>3</sub>COOH.

Entonces el volumen usado en la titulación se debe multiplicar por 6 y luego como esta cantidad es por cada 150 ml. de muestra, deberá multiplicarse por 6.67 para que los resultados se expresen en mg. de CH<sub>3</sub>COOH/lt. muestra.

EJEMPLO DE CALCULO.-

Muestra inicial= 150 ml. de condensado de agua de cola de Ancholeta fresca, pasada por la resina catiónica.

Titulación = 2.6 ml NaOH 0.1 N.

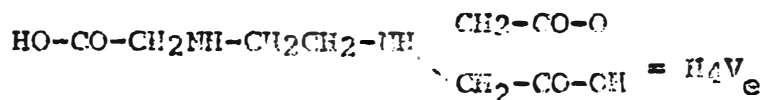
Así la cantidad de ácidos expresados como ácido acético será:  
2.6 x 6 x 6.67= 104 mg CH<sub>3</sub>COOH/lt.muestra  
ó sea que la muestra contiene: 104 mg CH<sub>3</sub>COOH/lt. muestra.

4.1.5.- ANALISIS FISICO QUIMICO DE LAS NUESTRAS DE  
CONDENSADO DE AGUA DE COLA.-

Gran parte de éstos análisis se han llevado a efecto en el Laboratorio de Investigación Aplicada de la Universidad Nacional de Ingeniería, bajo la dirección de su Jefe el Ing. Manuel Yábar Dávila, y otros de colaboración del Laboratorio de Bacteriología y Físico Química de Ingeniería Sanitaria.

a) DUREZA.- Para la determinación de la dureza total se ha empleado la sal disódica del ácido etilendiamintetraacético ( versenato diácido disódico), que permite que la determinación sea fácil y exacta. El reactivo forma iones complejos, solubles, con los iones de calcio y magnesio.

El ácido etilendiamintetraacético se comporta, en realidad, como un ácido dibásico y se le representa con una estructura betaínica



El ión versenato diácido reacciona con los iones calcio y magnesio para formar iones complejos



DUREZA CALCICA- 50 ml. de la muestra se pasa a una capsula de 250 ml.

Se añade 5 a 10 ml. de solución de hidróxido de sodio 2N ( la mezcla debe tener un pH. 10 ). Se agita. Se agregan 15 gotas de la solución indicadora (# 6) y se uniformiza el color rosado. Se titula con solución EDTA hasta un cambio de tono rosado a violeta intenso.

El total de ml. de la solución EDTA gastados multiplicados por el factor de valorización de la solución ( # 1) representa las partes por millón de dureza calcica expresada en términos de carbonato de Calcio.

DUREZA MAGNESIO.- La diferencia aritmética entre la dureza total y la dureza cálcica, representa la dureza magnesio, en terminos de carbonato de calcio.

FACTOR 12.5 DATO DEL LABORATORIO

EJEMPLO: DUREZA TOTAL.-

Muestra: 50 ml.

Solución reguladora: 1 ml.

Solución Indicadora : 5 gotas.

Ml. Sol. EDTA gastados: 0.25

de fondo:  $0.25 \times 12.5 = 3.12$  ppm.

si hay alcalinidad (P), la cual se mide agregando la solución de ácido sulfúrico, hasta eliminar dicho color . Entonces se lee el N°de mililitros gastados ( 1 ml. de sol.  $H_2SO_4$  = 100 ppm. de Alcalinidad ), a la misma muestra se le aplican, 3 gotas de indicador metil-orange, tiñiendo la solución de un color anaranjado claro. Sin rellenar la bureta, con  $H_2SO_4$  0.1 N, se sigue agregando a la muestra hasta hacer virar la coloración a un rosa pálido. La cantidad gastada total equivale a la alcalinidad (M) o total, multiplicando el N°de mls. gastados por 100, la que da ppm. de alcalinidad. Para calcular la alcalinidad OH ó hidróxida, se efectúa:

$$2P - M = OH$$

También se han hecho determinaciones de la Alcalinidad por titulación con Hcl 0.1 N; para lo cual se tomaron 100 ml. de la muestra y los resultados se expresan en ml. de Hcl / lt.

d.- Sólidos totales.- En un litro de muestra se le sometió a evaporación lenta, utilizando para ello un balón de 1 lt. el cual se colocó invertido sobre una cápsula de evaporación, en la cual al final se depositarán los sólidos, los cuales se pesarán.

e.- Cenizas.- Los sólidos de la cápsula se les calcinó, a temperatura elevada, eliminándose el carbono de la materia orgánica y quedando las cenizas, las cuales también se pesaron y se les llevó al fotómetro de llama.

f.- PH.- Para medir el pH. se ha utilizado el Meter 22 y se han tomado determinaciones a temperatura ambiente y a 40°C, y de muestras antes y después de pasar por las resinas intercambiadoras de iones.

g.- La Presencia de Ca, K, Na, se ha determinado como nula (ceró) y para esto se utilizó el fotómetro de llama.

Los fosfatos, fosfitos, nitratos y nitritos, sulfatos, tampoco existen en el condensado de agua de cola y ésto se ha determinado por colaboración del Laboratorio de Bacteriología de la UNI.

#### - ANÁLISIS DE SODIO, POTASIO Y CALCIO

Para estos análisis, lo primero que se hizo fué evaporar una muestra de 1 litro. Hasta conseguir una cantidad de sólidos totales, luego calcinar para obtener las cenizas y posteriormente con estas cenizas preparar soluciones en fioles de 100 ml. para someterlas al fotómetro de llama marca EEL.



En la determinación de Ca, K y Na colocamos en cada uno de los casos la rejilla de absorción correspondiente.

SODIO.-

Muestra Inicial = 76 mg. de cenizas en 100 ml.  
( es demasiado concentrada ).

Muestra de Lectura = 5 ml. de solución inicial en 100 ml.  
de solución.

Lectura del Fotometro = 43

Con el Gráfico N° 1 elaborado en el Laboratorio, que da la lectura del fotómetro versus porcentaje de sodio

Entonces para 43 el porcentaje de sodio es 23.8

Sabemos que para 20% de sodio hay 0.00000508 gr. ClNa.

y para 40 % de sodio hay 0.00001016 gr ClNa.

Como para 23.8 % de sodio por interpolación resulta 0.0000060452 gr. de Cl Na.

Es conocido que en 100 grs. de Cl Na "Baker" usado para la confección del gráfico antes nombrado, hay 39.246 gr. de sodio, entonces para la cantidad que hemos obtenido hay :

100 gr Cl Na -- 39.246 gr. de Na.

6.045 g x  $10^{-6}$  Cl Na ---- x

X = 0.00000 23725 gr. Na.

Pero como la muestra de lectura es  $1/20$  de la muestra inicial, la muestra inicial tendrá por lo tanto 20 veces más, y esto es 0.00004745 gr Na.

Como la muestra inicial contiene el total de cenizas que se obtuvo de 1 litro de muestra de condensado, entonces, el último valor será por litro de muestra de condensado.

0.00004745 gr. Na / lt. muestra

0.04745 mg Na/ lt. muestra.

#### POTASIO.-

Muestra inicial= 76 mg. Cenizas en 100 ml.  
( es demasiado concentrada).

Muestra de Lectura = 2.5 ml. de solución inicial en  
100 ml. de solución.

Lectura de Fotómetro= 15

Con el Grafico N°2, elaborado en el Laboratorio que muestra la lectura del fotómetro versus gr. de K, se obtiene: 0.00000073 gr. de K para una lectura de 15.

Pero como la muestra de lectura es  $1/40$  de la muestra inicial, la muestra inicial tendrá por lo tanto 40 veces más, y es : 0.00000 29 gr. de K; que estarán considerados por litro de muestra como se explicó en la determinación de sodio, así:

0.00000 29 gr. de K / lt. muestra

0.0029 mg. K/ lt. muestra

CALCIO.-

Muestra de Lectura = 75 mg. de cenizas en 100 ml.  
de solución.

Lectura del Fotómetro = 2

Con el Gráfico # 3, elaborado en el Laboratorio que  
dá : lectura del fotómetro versus gr. de calcio, se  
hallan : 0.000175 gr Ca. que están considerados por  
litro de muestra de condensado, como se detalló en  
la determinación de sodio.

ó sea hay :           0.000175 gr.Ca/ lt. muestra  
                  0.175 mg Ca/ lt. muestra

Los resultados obtenidos para el Na, K y Ca  
son tan pequeños que se consideran " CERO" ppm, en  
todos los casos de análisis.

h) OXIGENO DISUELTO.-

El oxígeno disuelto presente en el condensa-  
do de agua de cola, es el que toma el condensado del  
aire en una u otra etapa del proceso.

EQUIPO.-

- 1 Analizador de oxígeno Beckman Modelo 777.
- 1 Vaso de 250 ml.
- 1 Termómetro.

DESCRIPCION.- Para poder emplear este analizador, es necesario guiarse de un cuadro ( Ver cuadro # 6 ), dado por el catálogo del analizador, en la cuál nos dá las solubibilidades del oxígeno en agua libre de cloruros ( nuestro condensado de agua de cola está libre de cloruros) a varias temperaturas, cuando se expone a una presión total de 760 mm. de Hg, para cualquier otra presión barométrica, la solubilidad puede obtenerse del valor correspondiente de cuadro, por la fórmula.

$$S' = S \frac{P \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg.}}$$

S= Solubilidad a 760 mm. Hg. en ppm.

P= Presión barométrica en mm Hg.

S'=Solubilidad a PmmHg en ppm.

Este cuadro ha sido obtenido por el catálogo de la " Standard Methods for the Examination of Water by the American Public Health Association".

Para obtener una medida en ppm. es necesario primero tomar la temperatura del líquido tratando de mantenerla constante, luego ajustar la aguja del medidor a un valor dado en el cuadro anterior, con el sensor expuesto al aire , digamos a 36°C, la aguja debe fijarse a 7 en la escala de 0-10 del medidor ( con la corrección de presiones si es necesario), con

el sensor expuesto al aire; que indicará 7 ppm; así calibrado colocar el sensor dentro de la muestra a temperatura constante ( 36°C ), y nos dará la lectura directa en la escala de 0-10, expresados los resultados en ppm.

EJEMPLO.-

Mantuvimos la muestra a una temperatura de 35°C.

Para este valor el cuadro da  $S = 7.1$  a 760 mm Hg.

pero la Presión barométrica = 750 mm Hg.

$$S' = 7.1 \times \frac{750}{760}$$

$$S' = 7.0 \text{ ppm.}$$

ó sea que la aguja la ajustamos a 7 en la escala de 0-10 , luego introducimos el sensor, como indica el esquema, dentro de la muestra, dándonos un valor de 15, que será 1.5 ppm. de oxígeno disuelto a 35°C.

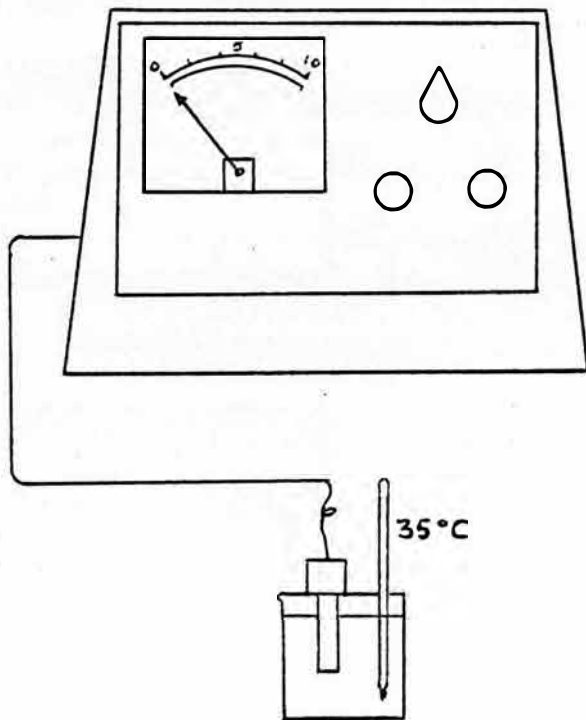


FIGURA N.º 1  
ANALIZADOR DE  $O_2$   
DISUELTO

CUADRO # 7

RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS  
MUESTRAS DE CONDENSADO DE AGUA DE COLA EN LOS LA-  
BORATORIOS DE LA UNI.

<u>NITROGENO TOTAL POR SEMIMICRO</u> <u>KJELDAHL</u>	<u>MUESTRA</u> <u>FRESCA</u>	<u>MUESTRA</u> <u>DETERIORADA</u>
---	---------------------------------	--------------------------------------

Muestra sin tratamiento mg de N/l	65.80	93.80
A <sub>1</sub> pasada por la resina catiónica	0.84	0.28

METODO DE OKOLOFF

Muestra sin tratamiento

Nitrógeno total mg/l	.71.5	126.0
Amoníaco mg/l	67.7	98.0
Trimetilamina mg/l	44.2	66.4
otros com. Nitrogenados mg/l	5.0	12.25

ACIDOS VOLATILES

Expresados como mg. de Ac.Acético/l

A <sub>1</sub> Muestra pasada por la resina catiónica.	104.0	364.0
A <sub>12</sub> Muestra pasada por las 2 resinas catión y anión.	12.0	84.0

MEDIDAS DE pH

Muestra sin tratamiento	8.3	8.4
Pasada por A <sub>1</sub>	7.5	7.5
Pasada por A <sub>2</sub>	9.7	9.7
Pasada por A <sub>12</sub>	7.7	7.7

	<u>MUESTRA FRESCA</u>	<u>MUESTRA DETERIORADA</u>
<u>ALCALINIDAD</u>		
Muestra sin tratamiento ml de HCl/l	40.0	55.0
Pasada por A <sub>1</sub>	13.0	19.0
Pasada por A <sub>2</sub>	67.0	65.0
Pasada por A <sub>12</sub>	5.0	5.0

CUADRO # 3

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO QUIMICO DE LAS  
MUESTRAS DEL CONDENSADO DEL AGUA DE COLA

pH. a 19°C.	8.7
pH a 60°C.	8.5
CO <sub>2</sub> tomado en el Laboratorio	0.0 mg/l como CO <sub>2</sub>
Oxígeno disuelto	0.5 -1.5 mg/l
Alcalinidad a la Fenolftaleína	76.00 mg/l como CO <sub>3</sub> Ca
Alcalinidad al Anaranjado de Metilo.	240.0 mg/l como CO <sub>3</sub> Ca
Demanda Bioquímica de Oxígeno Disuelto a 5 días, 20°C.	274.0 mg/l como D.B.O.
Color	4.0 u K <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>
Turbiedad	0.0 u Jackson
Dureza total 9 (EDTA)	0.0 - 3.0 mg/l
Dureza Calcio "	0.0 - 2.5 mg/l
Dureza Magnesio "	0.0 - 0.5 mg/l



Cloruros	0.0 mg/l
Calcio	0.0 mg/l
Magnesio	0.0 mg/l
Manganeso	0.0 mg/l
Potasio	0.0 mg/l
Fierro	0.0 mg/l
Sulfatos	0.0 mg/l
Nitritos	0.0 mg/l
Nitratos	0.0 mg/l
Sólidos totales	30.0-200.0 mg/l
Cenizas	73.0 mg/l
Sólidos en suspensión	0.0- 21.0 mg/l

#### 4.2.- CONCLUSIONES DE LOS ANALISIS.-

Los resultados de los análisis efectuados al condensado de agua de cola, y cuyos valores se aprecian en los cuadros 7 y 8, nos indican que siendo el condensado, un agua evaporada y condensada, no tiene ninguno de los iones inorgánicos siguientes:  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SiO_3^-$ ,  $CO_3^-$ , los cuales darían lugar a la formación de incrustaciones en los calderos y también la precipitación de cloruros, que como se ha explicado en el Capítulo 1 son de mucho peligro en los calderos, luego este se puede descartar.

En cambio se observa la presencia de ácidos orgánicos, los cuales están en forma de sales que al elevarse la temperatura se regeneran dichos ácidos, estos se comprueba también por el descenso del p.H.

También se ha detectado oxígeno disuelto en el condensado, aunque su presencia puede ser relativa, dependiendo del mayor ó menor contacto del condensado con el aire.

Tanto los ácidos como el Oxígeno disuelto son agentes corrosivos y por lo tanto constituyen peligro para el material de los calderos. Como se verá, los aniones de las sales pueden eliminarse fácilmente mediante un intercambio iónico, utilizando resinas aniónicas que además elevan el p.H. La presencia del  $O_2$  disuelto

se elimina por desgasificación que puede ser física o química, esto será explicado en el Capítulo 7

El Análisis realizado nos señala en el condensado del agua de cola una apreciable cantidad de compuestos nitrogenados, tales como Aminas, principalmente la trimetilamina; amoniaco, los cuales constituyen factor favorable, pues se les considera elementos inhibidores de la corrosión; ya que pueden neutralizar el ( $\text{CO}_2$ ) anhídrido carbónico, que es agente corrosivo. Las aminas por ser agentes reductores pueden desactivar el Oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

Cuando se elimina la parte aniónica del condensado, la permanencia de ésta base nitrogenada, y la liberación de los  $\text{OH}^-$ , hacen más alcalino al condensado lo cual se comprueba por un aumento del pH., llegando éste a valores de 10.5 con el uso de la resina amónica amberlita IRA-900- Condiciones favorables para el caldero.

## 5.- TRATAMIENTO DEL CONDENSADO EN EL LABORATORIO.-

### 5.1.- INTRODUCCION.-

El intercambio iónico está basado en las resinas intercambiadoras de iones las que son compuestas Macromoleculares, pudiendo presentarse en forma de Gel ó Macroreticulantes, las que contienen grupos ionizables y lo conforman un gran ión insoluble, asociado a iones de carga opuesta, que son los que se pueden intercambiar. Las resinas tipo Gel no contienen una porosidad verdadera, los iones para ser intercambiados deben difundirse a través de la estructura del Gel. Las distancias intermoleculares son las que limitarán la medida del ión que puede migrar a través del Gel, gobernadas estas distancias por la porosidad aparente, que es generalmente no mayor de 40 Angstroms.

Las resinas macroreticulares son aquellas que los poros son mayores que las distancias atómicas y tienen un verdadero y rígido polímero poroso, en las que existe una verdadera estructura porosa aún después del secado, las resinas tipo Gel no revelan esta estructura porosa después de secadas.

Existen dos categorías de resinas cambiadoras de iones: Las intercambiadoras de cationes y las intercambiadoras de aniones.

Los intercambiadores de cationes son las que tienen como iones de carga opuesta al gran ión insoluble de la resina, grupos sulfónicos ( $\text{HSO}_3$ ) ó grupos carboxílicos ( $\text{RCO}_2$ ), que son capaces de intercambiar el ión H de éste grupo activo por cualquier catión, ya sea calcio, Mg, Na, etc.

Las intercambiadores de aniones poseen grupos de la forma general ROH, las cuales son capaces de intercambiar con cualquier anión ya sea Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  etc., por el OH ó otro anión fijado previamente al gran ión insoluble. Para el efecto de análisis en el Laboratorio se usó las resinas catiónica y aniónica, las dos del tipo Gel. como explicamos más adelante, pero para cuestiones de grandes volúmenes de tratamiento, de mayor efectividad y para iones de gran peso molecular, es necesario usar resinas de tipo macrorreticular que tienen mayor capacidad de intercambio y por consiguiente mayor tiempo entre regeneración y regeneración, además se usaran cantidades menores de líquido regenerante, trayendo como consecuencia una gran economía en tiempo y dinero. El condensado se le sometió a dos tipos diferentes de resinas que fueron la IR 120 y la IR 401, catiónica y aniónica respectivamente, con el objeto de determinar su efectividad y grado de retención

Las intercambiadores de cationes son las que tienen como iones de carga opuesta al gran ión insoluble de la resina, grupos sulfónicos ( $\text{HSO}_3$ ) ó grupos carboxílicos ( $\text{RCO}_2$ ), que son capaces de intercambiar el ión H de éste grupo activo por cualquier catión, ya sea calcio, Mg, Na, etc.

Las intercambiadores de aniones poseen grupos de la forma general ROH, las cuales son capaces de intercambiar con cualquier anión ya sea Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  etc., por el OH ó otro anión fijado previamente al gran ión insoluble. Para el efecto de análisis en el Laboratorio se usó las resinas catiónica y aniónica, las dos del tipo Gel. como explicamos más adelante, pero para cuestiones de grandes volúmenes de tratamiento, de mayor efectividad y para iones de gran peso molecular, es necesario usar resinas de tipo macrorreticular que tienen mayor capacidad de intercambio y por consiguiente mayor tiempo entre regeneración y regeneración, además se usaran cantidades menores de líquido regenerante, trayendo como consecuencia una gran economía en tiempo y dinero. El condensado se le sometió a dos tipos diferentes de resinas que fueron la IR 120 y la IRA 401, catiónica y aniónica respectivamente, con el objeto de determinar su efectividad y grado de retención

que tienen para con determinados iones, que son de vital importancia en nuestro estudio; es decir con el fin de ver si es aplicable este condensado de agua de cola como agua de alimentación de los calderos, previo tratamiento con una de estas dos resinas, ó con las dos a la vez, que nosotros especificaremos en su debido momento.

#### 5. . . DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO EN EL LABORATORIO.-

Se han tratado dos clases de muestra de condensado de agua de cola, la llamada " fresca" que es la que se obtiene después del procesado de la Anchoveta que recién ha sido almacenada en las pozas, y la denominada " Deteriorada", que es la que se obtiene después del procesado de la Anchoveta que ha estado almacenada en las pozas 24 horas ó mas..

Estas muestras se pasaron por columnas de vidrio de las dimensiones : 2.5 cm. diametro, 33 cm. de altura ( Figura # 2 ). , con el equipo adicional que parte se muestra en la misma figura. Las columnas están sostenidas por una red soporte metálica.

La técnica para la carga de la columna y su operación es la siguiente: '120'

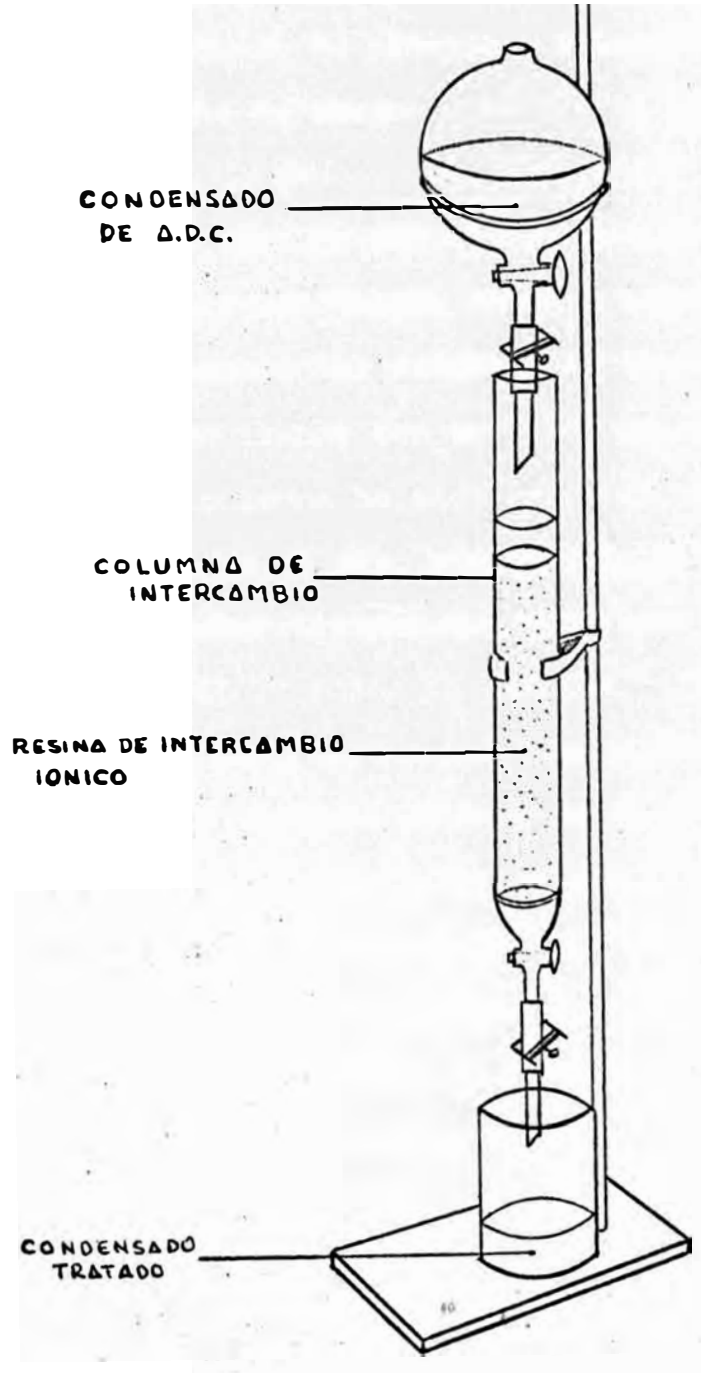


FIGURA N°2  
INTERCAMBIO IONICO



I.- La columna debe tener en el fondo lana de vidrio y un plato agujereado de plástico, sobre el cuál se soportará el lecho de resina.

II- Pesar en un vaso de 400 ml, la resina a utilizar una cantidad mayor que la que se va a necesitar, sabiendo que, de acuerdo al diámetro de la columna y a su altura se debe llenar con unos 100 ml. de resina hidratada. ( la columna ha sido graduada con anterioridad ). Agregar agua al vaso que contiene la resina, y dejarlo por un tiempo prudencial para que pueda hincharse.

III- Una vez hinchada la resina, agregar a la columna 20 ml. aproximadamente de agua destilada, después ir echando poco a poco la resina hidratada con la ayuda de una pipeta con agua destilada, hasta el nivel que indica los 100 ml. si hubiese exceso de agua destilada drenarla por el fondo de la columna.

IV.- Con la resina cargada en la columna, hacer pasar agua destilada de abajo hacia arriba para la clasificación de las partículas, luego dejar que se asienten. Este paso además de clasificar las partículas tiene como función eliminar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas.

I.- La columna debe tener en el fondo lana de vidrio y un plato agujereado de plástico, sobre el cual se soportará el lecho de resina.

II- Pchar en un vaso de 400 ml, la resina a utilizar una cantidad mayor que la que se va a necesitar, sabiendo que, de acuerdo al diámetro de la columna y a su altura se debe llenar con unos 100 ml. de resina hidratada. ( la columna ha sido graduada con anterioridad ). Agregar agua al vaso que contiene la resina, y dejarlo por un tiempo prudencial para que pueda hincharse.

III- Una vez hinchada la resina, agregar a la columna 20 ml. aproximadamente de agua destilada, después ir echando poco a poco la resina hidratada con la ayuda de una piceta con agua destilada, hasta el nivel que indica los 100 ml. si hubiese exceso de agua destilada drenarla por el fondo de la columna.

IV.- Con la resina cargada en la columna, hacer pasar agua destilada de abajo hacia arriba para la clasificación de las partículas, luego dejar que se asienten. Este paso además de clasificar las partículas tiene como función eliminar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas.

V.- Después de asentadas las partículas es necesario regular el flujo de salida, esto se realiza con la ayuda de un cronómetro y una probeta, controlando el volumen por unidad de tiempo y variando este flujo cerrando ó abriendo la pinza de Hoffman, que se halla debajo de la llave de la columna ( véase la Fig. # 2).

Habiendo ya determinado el flujo necesario, se debe cerrar la llave de la columna que se halla encima de la pinza de Hoffman, sin tocar esta pinza porque mediante ésta, ya ha sido regulado el flujo.

El nivel del líquido encima del lecho de resina debe ser desde 1cm. ó mas, en nuestro caso el nivel fué de 1.5 cm. encima del lecho de resina.

Una vez regulado el flujo la columna está dispuesta a la operación, colocando la muestra a tratar en el embudo de pera de 500 ml. ( Fig. # 2), del cual también debe ser regulado su flujo de salida; viene a ser el mismo flujo de salida de la columna, en la misma forma que esta.

Las razones de flujo recomendadas son las siguientes:

Paso de adsorción: 0.1 a 0.2 " volumen de lecho"/min.

Paso de retro lavado.- Hasta que todas las partículas hayan obtenido movilidad.

Paso de Regeneración.- 0.05 a 0.1 " Volumen de leche"/min.

Paso de enjuague.- a) Enjuague de desplazamiento.- Así como la regeneración para el primer " volumen de leche "

b) Enjuague final.- Así como la adsorción.

Debe conocerse que para el tamaño de la columna es recomendable usar 100 ml. de resina, que viene a ser el " volumen de leche" para las razones de flujo anteriores.

La concentración del regenerante es 1.0N en general; como 4 a 10 % es usualmente aceptable.

El volumen de regenerante debe ser 150 a 500 % en exceso de la capacidad teórica de la resina en la columna.

Para el enjuague se usa 10 " Volumen de Lecho".

NOTA.- El primer volumen de líquido tratado ( aprox. 60 % ó mas del volumen de leche" ). debe ser desechado debido a que no es una muestra tratada representativa porque se halla mezclada con agua destilada.

Se hizo el tratamiento con la resina catiónica IR 120 para eliminar las bases nitrogenadas y liberar los ácidos para poder determinar los ácidos volátiles, porque el método de análisis así lo requiere; además este tratamiento se hace con el fin de ave-

riguar que sucede con el pH. del líquido que sale, porque el pH está íntimamente ligado con la corrosión.

El tratamiento con la resina aniónica IRA 401, fué para ver que cantidad de ácidos volátiles son los que se eliminan y también conocer el pH. final.

Los resultados de los análisis se muestran en los cuadros N° 7 y 8 . . .

## 6.- ENSAYOS DE CORROSION.-

Los ensayos de corrosión son las pruebas ( de fuego) para ver si el líquido al que van a estar sometidas las placas es ó no corrosivo y en que proporciones , por esta razón es que se incluyen en nuestro estudio.

### 6.1.- DESCRIPCION.-

Las placas son de tubos de acero especial para calderos, de 0.3 cm. de ancho, 9.2 cm. de altura, por 0.2 cm. de espesor aproximadamente, previamente limpiados y pesados han sido sometidas a tres tipos de condensados de agua de cola y son: condensado sin tratamiento, con tratamiento por la resina catiónica IR 120, condensado por tratamiento con la resina aniónica IRA 401, y el último con agua tratada en la planta piloto

Estos volúmenes se agregaron en erlenmeyers de 500 ml. ( Ver fig. # 3 ) , a los que se adap-

tó un condensador a reflujo para que los vapores no se escapen.

Las placas se suspendieron en el líquido por medio de hilos, resistentes que se amarraron por encima del corcho al condensador a reflujo ( ver en la Fig. # 3.).

El tiempo de permanencia de las placas en las muestras de condensador fueron 8 días, la temperatura del condensado fué de 80°C por espacio de 8 horas diarias, estando las placas el resto del día dentro del condensado a temperatura ambiente.

Las muestras de condensado se renovan totalmente cada dos días porque siempre habian escapes de vapores.

Una vez transcurrido los ocho días, se limpiarán las placas, se pesarán, obteniéndose por lo tanto una diferencia de pesos, que es el valor principal para ver cuanto se corren las placas.

## 6.2.- RESULTADOS

Peso de las placas antes de someterlas a la corrosión= 72.562 gr.

		<u>Pérdida de peso en mg.</u>	<u>Pérdida de peso.</u>
Placa sometida al condensado sin tratar	45		0.0620
" " " tratado con	47.4		0.0653

IR 120

	<u>Pérdida de peso en mg.</u>	<u>% Perdida de peso.</u>
Placa sometida al condensado tratado con IRA 401	20.6	0.0284
Placa sometida al agua tratada en la planta	33.5	0.0461

Por lo que se observa que existe menor corrosión con el condensado tratado con la resina IRA 401.

Entonces el tratamiento iónico a seguir debe ser , empleando la resina aniónica IRA 401.

#### 7.- TRATAMIENTO DEL CONDENSADO PARA UTILIZARLO A NIVEL INDUSTRIAL EN LOS CALDEROS.

Por las conclusiones de los resultados de los análisis y tratamiento del condensado en el Laboratorio, es necesario para su utilización como agua de alimentación de los calderos, someterlo a un proceso de tratamiento que comprende fundamentalmente las siguientes etapas:

Filtración, Intercambio iónico y desgasificación.

#### - FILTRACION.-

La filtración del condensado del agua de cca, debe servir para proteger a la resina ( a utilizar ) , de los sólidos en suspensión que suelen pre-

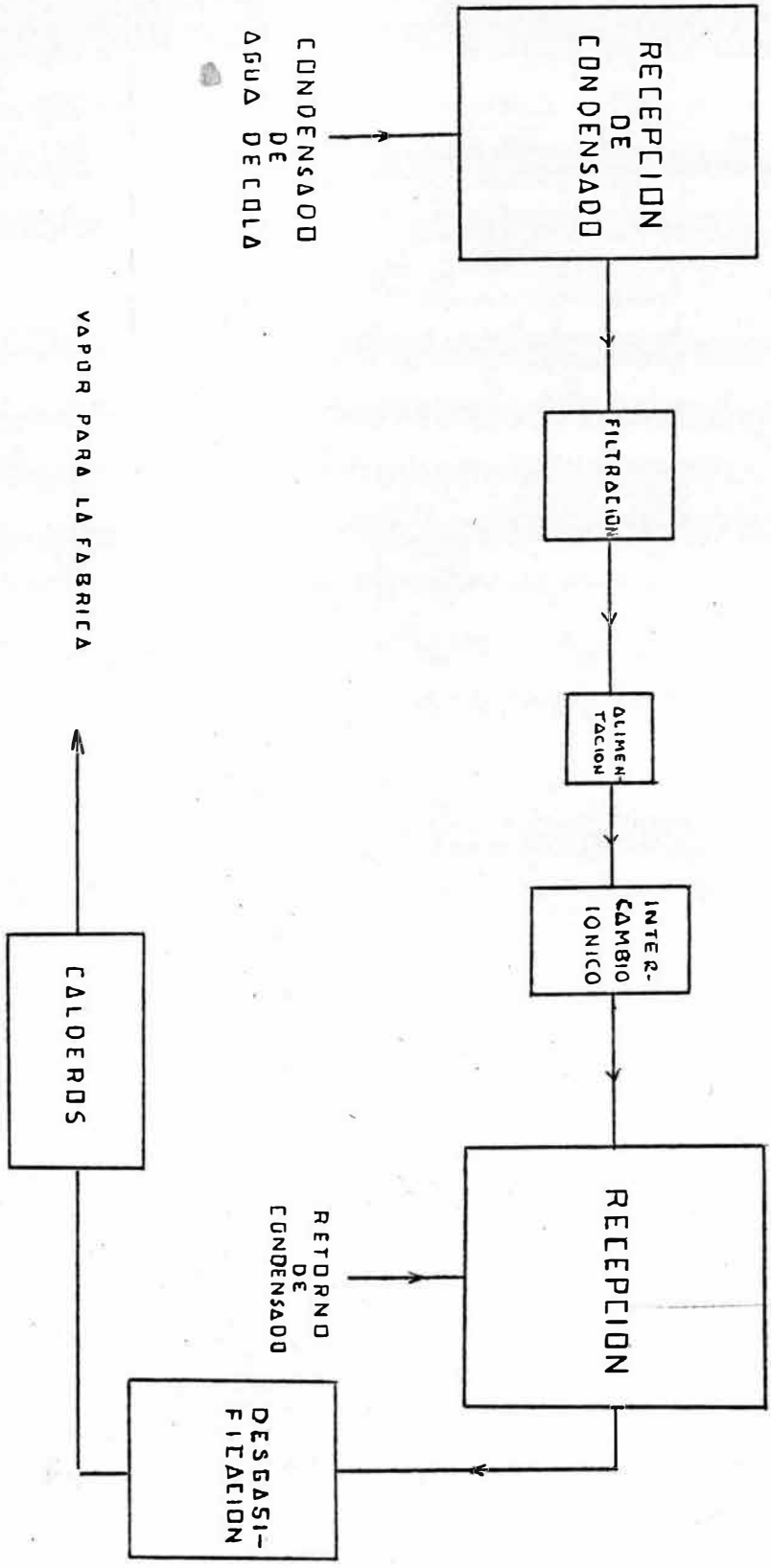


DIAGRAMA DEL TRATAMIENTO



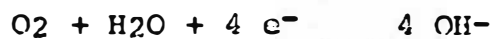
sentarse aunque la cantidad de éstos es pequeña y es recomendable que el líquido a tratar esté lo más limpio posible, pues de esta forma, la acción de la resina será más eficiente.

El filtrado se llevará a efecto utilizando un filtro vertical a presión, que llevará arena como masa filtrante y cuya descripción se hará en el Capítulo (9).

- INTERCAMBIO IONICO.- Como se ha visto anteriormente, el intercambio iónico significa, cambiar un ión de un compuesto, por un ión libre que deseamos eliminar. Este intercambio iónico se realiza mediante resinas intercambiadoras.

En nuestro caso se debía observar la presencia de ácidos orgánicos pero el pH. de la solución es mayor de 7, por lo tanto estos ácidos orgánicos están formando sales, por ejem.: Acetato de Amonio; no presentado el condensado de agua de cola iones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  y otros iones, la mayoría de los iones positivos no son perjudiciales siendo de efectos positivos. <sup>La Presencia</sup> de sales es negativa porque teniendo el condensado un pH. cerca de 7 hay una posibilidad fuerte de que estas sales vuelvan al estado de ácidos orgánicos los cuales indican corrosividad debido a que al ionizarse se producen Iones-Hidrogeno;

Ahora bien la tendencia para los metales a corroerse por reducción de los iones hidrógeno de la solución está indicada en un camino general, por su posición en la serie de las fuerzas electromotrices(8) los metales encima del hidrógeno reducen mucho más fácilmente el ión hidrógeno, que aquellos que se encuentran debajo del hidrógeno, en el caso del Hierro que es el principal constituyente de los aceros es el tipo de metal que se halla encima del Hidrógeno, produciéndose por lo tanto la reducción del ión  $H^+$ , dando Hidrógeno y por consiguiente la oxidación del Fe a  $Fe^{+2}$ , pero como no es estable pasa a  $Fe^{+3}$ . Otro peligro sería la presencia de sales, porque al existir pequeñas cantidades de oxígeno disuelto, éste con el agua daría la siguiente ecuación de reducción:



y el Fe se oxidaría a  $Fe^{+3}$ , que con las sales que actúan como conductores de iones, los haría reaccionar a los iones  $OH^-$  y  $Fe^{+3}$ , dando lugar al Hidróxido Férrico, que con temperaturas altas da lugar al Oxido Férrico  $Fe_2O_3$  de color rojizo. ( 9 ).

Visto esto se hace imperativo la eliminación de las sales y como éstas se hallan ionizadas, así por ejemplo:



lo único que se eliminarán son los aniones  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , intercambiándose con el  $\text{OH}^-$  de la resina, liberándose éste, que con el  $\text{NH}_4^+$  dará Hidróxido de Amonio, eliminándose por tanto el peligro de que vuelvan a formarse los ácidos causantes de la corrosión, por el aumento del pH hasta el valor de 10 a 11 en el cuál no hay peligro de volver a formarse los ácidos y también eliminándose las sales que tienen efecto conductor de iones.

Como se observa es de vital importancia un intercambio aniónico el que se logra una resina de tipo aniónico que se ha verificado su efectividad en los análisis hechos en el Laboratorio, si bien la resina anionica tipo Gel IRA 401, utilizada era efectiva en la eliminación de los aniones de las sales, es:  $\text{CH}_3\text{COO}$ , no serviría para volúmenes industriales, es decir para tratamiento de grandes cantidades, debido a su rápido envenenamiento por la baja capacidad de intercambio y porque además se necesitaría mayores cantidades de líquido regenerante y consecuentemente pérdidas de tiempo y dinero: por esto para el tratamiento a escala industrial, como es nuestro caso se usará la resina aniónica del tipo macrorreticular que ofrece mayor capacidad de intercambio y otras ventajas que se explicaron con anterioridad, por lo tanto reco-

mandamos para el intercambio iónico el uso de la resina aniónica del tipo macrorreticular IRA 900 (OH), la cuál estará integrada en una torre de intercambio iónico, que se describe en el capítulo 9.

#### DESGASIFICACION.-

La presencia de oxígeno disuelto en el agua de alimentación de los calderos conduce a corrosiones debido a que el cambio de energía libre ( $\Delta G$ ), para la formación de todos los óxidos metálicos es negativo, esto es, los óxidos son termodinámicamente estables en atmósferas de oxígeno, mientras que los metales no lo son, Por consiguiente, tendrá a producirse la oxidación ( 9). Como en los análisis se ha detectado oxígeno disuelto en el condensado, éste debe eliminarse por medio de un desgasificador térmico o por un proceso químico.

#### PRINCIPIO DE LA DESGASIFICACION DEL AGUA.-

La Ley de Henry indica que la cantidad de gases disueltos en un líquido es proporcional para cada uno de estos gases, a su presión parcial en la atmósfera que se encuentra por encima del líquido, suponiéndose en equilibrio el sistema de temperatura.

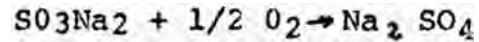
Teóricamente se puede eliminar el oxígeno anulando la presión propia de éste gas, por encima de

ésta agua a cualquier temperatura, llevando el agua a la temperatura de saturación, a la presión de servicio los gases disueltos y por lo tanto el oxígeno, pasan automáticamente a la atmósfera de vapor de saturación así creada. Un volumen igual al volumen de los gases, es arrastrado a la atmósfera y ésta mezcla gas-vapor se evacúa, de forma continua al exterior del desgasificador. Esta evacuación se hace en forma natural si el aparato, funciona a una presión superior a la atmosférica y mediante una bomba de vacío si el aparato funciona al vacío.

Para obtener las condiciones de desgasificación, se debe introducir en el recinto en que tiene lugar el proceso, un cierto volumen de vapor que compense la pérdida de calorías correspondiente a la evaporación del vapor arrastrado por los gases y eventualmente efectúe el recalentamiento del agua.

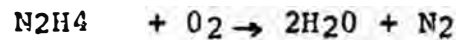
La corrosión del oxígeno disuelto, puede también evitarse mediante un tratamiento preventivo, químicamente se puede neutralizar el oxígeno, usando taninos, el  $\text{SO}_2$  o la hidrazina, Sulfito de Sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). El fosfato trisódico contribuye a la formación de un enlucido protector del metal (10).

Para remover el oxígeno disuelto se usa frecuentemente el Sulfito de Sodio de acuerdo a la reacción:



Es de fácil manejo, no forma incrustaciones y su costo es bajo, en la práctica se requieren de 9 a 10 partes de  $\text{SO}_3$  por una parte de  $\text{O}_2$ .

La Hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) es otro agente reductor que evita las corrosiones por oxígeno. Esta reacción con el oxígeno según la fórmula:



El producto es de reacción alcalina y puede evaporarse sin dejar residuos, lo que es una ventaja ya que se disminuye los lodos y consecuentemente las purgas de fondo en los calderos. Los productos de reacción no constituyen ningún peligro para los materiales. El costo es mayor comparativamente con el del Sulfito de Sodio, Teóricamente se requiere una parte de Hidrazina al 100 % por una parte de  $\text{O}_2$

8.- BALANCE DE MATERIAS.-

De acuerdo a las estadísticas y tomando promedios, los índices de producción, en la Fábrica que hemos tomado como planta piloto, se tienen los siguientes resultados:

Capacidad de la Planta: 110 + 10 Toneladas de pescado/hr.

Tomando como base 110 toneladas / hr. y considerando hasta la etapa del proceso en la cual se separa por medio de centrifugas el aceite del agua de cola, se tiene el siguiente balance:

Harina:	16.64 %	18.30 ton/ hr.
Aceite:	4.50	4.95 %
Agua de Cola	54.54	60.00
Pérdidas	<u>24.32</u>	<u>26.75</u>
	100.00 %	110.00 ton/ hr.

Se tiene dos plantas de agua de cola, de 30 ton/ hr. cada una, en las cuales se evaporan 60 ton/ hr. de agua de cola.

El balance por planta de 30 ton/ hr. como sigue.

Concentrado:	6.00 Ton	100 %.
Harina	2.40	40 % 8% del A.de C.
Agua	<u>3.60</u>	<u>60 % 12 %</u> "
Concentrado	6.00	100 % 20 % "

Concentrado	6.00 Ton	20% Agua de Cola
Agua evaporada en los 3 efectos.	<u>24.00</u>	<u>80 %</u>
	30.00	100.00 %

En las dos plantas de agua de Cola se tiene el siguiente resultado:

Harina:	2.4 x 2 =	4.80 ton
Agua del conc.	3.8 x 2 =	7.20
Agua evaporada	24.0 x 2	<u>48.00 "</u>
		60.00 ton/ hr. . .

haciendo un balance global, las cantidades que se obtienen generalmente, tomando como base 100 ton de pescado.

	<u>Porcentaje</u>
Harina	21.00 %
Aceite	4.50 %
Agua de Cola	54.54
Agua evaporada	43.63

Como lo que interesa en este capítulo es conocer la cantidad de condensado de agua de cola, que se produce en los evaporadores, este cálculo se ha hecho de la manera que se muestra más adelante en la parte 8.I. y cuyos resultados se han obtenido con datos promedios de las estadísticas de la planta piloto. Y son los siguientes:

Condensado del 2do. Efecto: 6.581 ton/ hr.	} 13.0 59 ton/hr.
Condensado del 3er. efecto: 6.478	



Condensado del 4to. efecto 6.436 ton/ hr.

Vapor del 4to. efecto " 6200 \_\_\_\_\_

Total Agua evaporada: 25.695. ton/ hr. por cada planta.

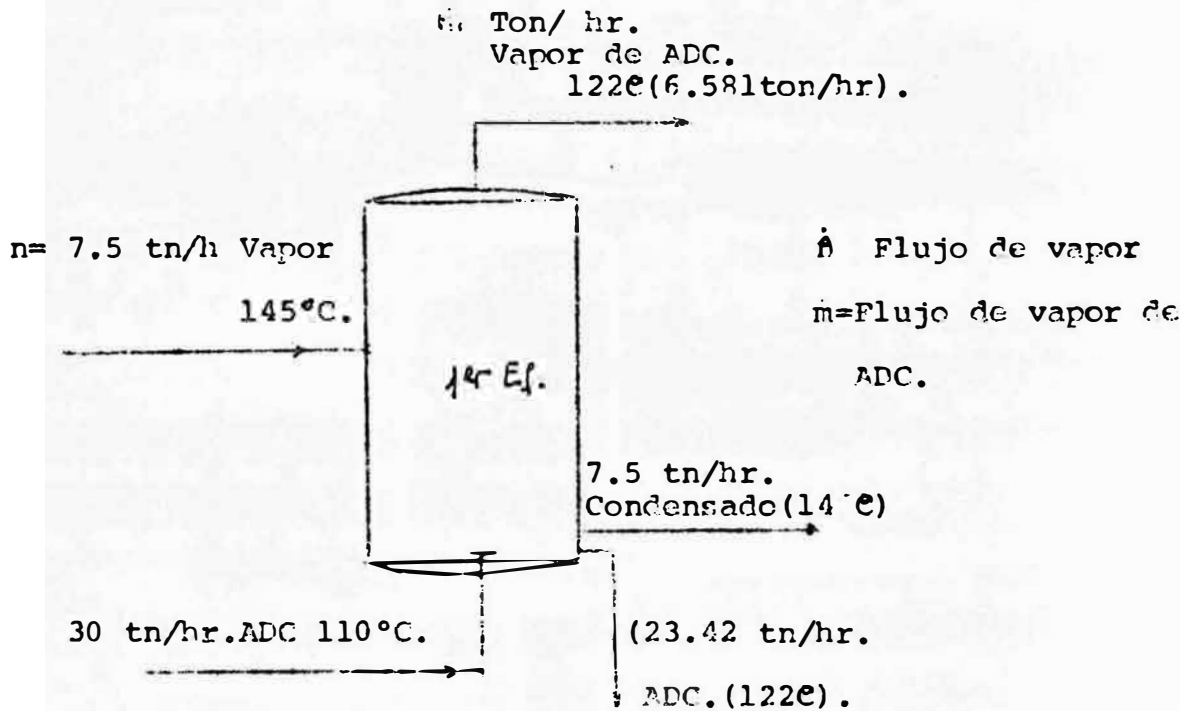
en las dos plantas. 51.39 "

Hay que tener en cuenta que en el agua evaporada en la planta de agua de cola puede variar entre 48 á 50 ton/ hr. , esto depende del porcentaje de humedad con que sale el concentrado, podemos observar que en éste caso salen según el calculo algo más de 51 ton/hr. resultado que se puede considerar acertado, si se tendría en cuenta ciertas pérdidas no determinadas.

Se puede llegar a la conclusión que en las dos plantas de agua de cola se obtiene en promedio la cantidad de 26 ton de condensado/ hora. , en el 2do. y 3er. efecto solamente, y que es casualmente el condensado que deseamos recuperar y el cuál consideramos para cálculos posteriores.

8.-1. Cálculo del Condensado Disponible.-

CONDENSADO DISPONIBLE



$$Q \text{ ganado} = Q \text{ cedido}$$

$$Q \text{ cedido (por el vapor)} = \dot{n} \cdot h \quad \leftarrow \begin{matrix} \text{Calor} \\ \text{LATENTE} \end{matrix} \quad 145$$

$$= 75000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 507.8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q \text{ cedido} = 3'808,500 \text{ kcal / hr.}$$

$Q \text{ ganado} = Q \text{ ganado por el ADC para } + Q \text{ gana-}$   
 $\text{do para la}$   
 $\text{elevar su T, hasta } 122^\circ\text{C}$   
 $\text{evaporación}$   
 $\text{de m.}$

$$Q \text{ ganado} = 30,000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ Kcal}}{79^\circ\text{C}} (122-110) + \dot{m} \times 524 \text{ Kcal/hr,}$$

**8.2.- CONSUMO DE VAPOF.-**

En esta parte se calculará la cantidad de vapor que se requiere para la capacidad de la planta piloto y también el agua de reposición para los calderos que producirán dicha cantidad de vapor. Para ésto se han tomado como referencia los siguientes datos de la planta:

**8.2.1. En cocinadores y Pre-Calentamientos se requiere:**

0.160 ton de vapor por ton de Anchoveta.

**8.2.2. En las plantas de Agua de Cola se requiere:**

0.25 ton de vapor por ton de A. de cola.

Para los cálculos se considerarán 110 ton/hr. de Anchoveta procesada.

Luego se tiene:

**En Cocinadores y Pre-calentamientos:**

$$110 \times 0.160 = \underline{17.6} \text{ ton / vapor / hr.}$$

Este consumo es repartido proporcionalmente a : 5,1 y 1/5 ( Ref ).

Cocinadores (5)	13.54 ton vapor/ hr.
Calentamiento Caldos (1)	3.38 " "
Calent.Pétroleo (1/5 ).	<u>0.68</u> " "
	17.60

Considerando que las pérdidas de vapor en los cocinadores están en la relación de 2 a 1, en los de vapor indirecto y directo respectivamente se tiene:

Indirecto        1        se Recupera  
Directo           2        se va en la Anchoveta.

Luego se recupera : 1/3 del vapor.

En los precalentamientos se recupera 90 %

Teniendose :

13.54 x 1/3	4.55
3.38 x 0.9	3.04
0.68 x 0.9	<u>0.61</u>
	8.20

Cantidad de vapor que se recupera:

en Cocinadores y Precalentamiento: 8.20 ton / hr.

### 8.2.3. En Plantas de Agua de Cola.-

Cap. 30 ton/ hr. ( cada planta ).

Consumo de vapor  $30 \times 0.25 = 7.5$  Ton vap./ hr.

En las dos plantas se consumiría: 15 ton vap. / hr.

Se considera que la recuperación es de 90 % , entonces la cantidad recuperable será:

$$15 \times 0.9 = 13.5 \text{ ton vap/ hr.}$$

8.2.4.- Consumo total de vapor:

Cocinadores y Calentamientos:	17.60
Plantas de Agua de Cola:	15.00
Desgasificador	<u>1.50</u> (75% de la cap ). (5-10- % ).
	34.10

8.3.- Recuperación del Condensado.

En Cocinadores y Pre-calentamientos	8.20 ton/ hr.
En las plantas de Agua de Cola	<u>13.50</u> "
Total de Condensado Recup.	21.70 ton / hr.

8.4.- Agua de Reposición a los Calderos:

Consumo	34.10
Purgas	<u>1.50</u>
Agua total de alimentación	35.60 ton/ hr.

Luego tendremos que:

35.60 -
<u>21.70</u>
13.90 ton/ hr.

Caudal que se debe reponer a los Calderos:14 ton/ hr.

Cabe mencionar también que se necesitará agua para el retrolavado y enjuague de la resina, y para lavar el filtro los cuales se utilizarán en el tratamiento del condensado. Teniendo esto en consideración,

se ha convenido en someter a tratamiento una cantidad de condensado de agua de cola cuyo flujo debe ser de 20 Ton/ hr., con lo cual, se cubre los requerimientos necesarios, como se muestra en el Gráfico # 5.-

9.- EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO DEL CONDENSADO DEL AGUA DE COLA.-

9.1.- Tanque de Almacenamiento ( N°1 ).

Tiene como función la recepción del Condensado del agua de cola, del 2do y 3er. efecto de los evaporadores, de las dos plantas, el flujo de entrada será de 26 Ton / hr., mediante una bomba de 5 HP, y a la temperatura de 90°C.

Capacidad: 200 metros cúbicos

Dimensiones

Diámetro 4.80 m aprox.

Altura 11.00 m "

Espesores: fondo 1/4 "

techo 3/16"

Cilindro 1er. anillo 1/4", otros:

3/16"

Materiales: Cuerpo/ soporte del

techo y refuerzos : Planchas ASTM A 36

Soldadura Electrica

Normas API- AWS

Conexiones y Accesorios	Una boca de hombre, diámetro 20" en el techo. Una Boca de hombre, diámetro, 20" en cilindros. Una escalera gato con canastilla de protección. Un indicador de nivel a flotador Un tubo de ventilación en U. Una conexión de llenado, 3" diámetro. Una conexión de salida 3 " Una baranda perimétrica en el techo.
Acabado:	Arenado comercial Una mano de anticorrosivo

### 9.2.- FILTRO A PRESION.-

Su función es retener los sólidos en suspensión que puede llevar el condensado, y de esta manera proteger la resina. de intercambio iónico.

Caudal:	20 m <sup>3</sup> /hr.
Velocidad de filtración	10 m <sup>3</sup> /hr. por m <sup>2</sup>
Area	2 m <sup>2</sup>
Diámetro	1.60 m.
Altura	2.00 m.
granulometría de la Arena.	0.9-1 mm.



Material : Acero ASTM -A -36 de 1/4 espesor  
Será pintado interiormente con pintura epóxica y exteriormente con anticorrosiva.

Este filtro se lava por retorno simultáneo de agua y de aire. El caudal de agua de lavado será de  $15 \text{ m}^3 / \text{hr. por m}^2$  y el caudal del aire de lavado  $50 \text{ m}^3 / \text{hr. y por m}^2$  ( ver figura # 4 ).

### 9.3.- Torres para Intercambio Iónico.-

En esta torre estará la resina aniónica amberlita IRA-900 , la cual como ya se indicó anteriormente, se utilizará para eliminar los **aniones** del condensado y recepcionará a este previamente filtrado.

El diseño de esta torre se ha hecho según recomendaciones de ROHM and HASS; y se muestra a continuación .

#### 9.3.1. Diseño del Intercambiador Iónico.-

a.- Cálculo del volumen de Resina( incluyendo huecos).

$V_e =$  Velocidad espacial ( 3-24  $\text{h}^{-1}$ )

$t_r =$  Tiempo de residencia  $\frac{1}{V_e} = (0.125 - 0.041) \text{hr.}$

$t_r =$  0.085 h ( asumido).

$V =$  Volumen de resina,

Considerando que el volumen de condensado a tratar será de  $20 \text{ m}^3 / \text{h}$  ó sea el flujo volumetrico (Q).

$$V = Q \times t$$

$$V = 20 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.085 \text{ h.}$$

$$V = 1.7 \text{ m}^3 = 60 \text{ ft}^3$$

b.- Tamaño del Intercambiador.-

b.1.- DIAMETRO

De acuerdo al gráfico dado por la ROHM AND HAAS, para la amberlita IPA 900 ( Graf. # 1 caída de presión vs. velocidad lineal) , Considerando una velocidad lineal de 4.5 g p./ ft<sup>2</sup> para una caída de presión de 0.44 PSI / ft. de lecho.

$$U' = 4.5 \text{ g pm/ft}^2; = U = 11 \text{ m/h.}$$

Si tenemos :

A= Area de la sección transversal del intercambiador ( m<sup>2</sup>).

U= Velocidad lineal referida a A ( m/ h).

Q= Flujo volumétrico en m<sup>3</sup>/ h.

se sabe que:  $Q = U \times A$ .

$$A = \frac{Q}{U} \quad A = \frac{20}{11}$$

$$A = 1.82 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}} \quad D = 1.53 \text{ m.}$$

b.2.- Longitud ( altura L ).

$$V = A \times L \quad L = \frac{V}{A}$$

$$L = \frac{1.7 \text{ m}^3}{1.82 \text{ m}^2} \quad L = 0.932 \text{ m.}$$

c.- Retrolavado ( O. Retrol ).

Considerando 60 % de expansión en el grafico # 2.

$$U' = 3.2 \text{ g pm/ ft}^2;$$

$$U; 784 \text{ m/h. } A = 1.82 \text{ m}^2$$

$$Q \text{ Ret} = 1.82 \text{ m}^2 \times 7.84 \text{ m/h.}$$

$$Q \text{ Retro} = 14.3 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Tiempo de retrolavado recomendado = 10 minutos.

d.- Requerimiento de agua para el Retrolavado.-

Habiendo considerado  $t = 10 \text{ min.}$  y flujo

$$Q = 14.3 \text{ m}^3/\text{h.}$$

El requerimiento de agua será de

$$V \text{ agua retro.} = Q \times t.$$

$$= 14.3 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{1 \text{ h}}{6}$$

$$V = 2.4 \text{ m}^3.$$

e.- Enjuague.-

Enjuague de desplazamiento - Flujo recomendado:  $6 \text{ m}^3/\text{h}$

Enjuague final " "  $18 \text{ m}^3/\text{h.}$

El requerimiento total aproximado es: 10 Vc.

$$Vc = \text{volumen de cama} = 1.7 \text{ m}^3$$

$$O O = \text{Requerimiento total} = 1.7 \text{ m}^3 \times 10 = 17 \text{ m}^3.$$

Pero como datos de operaciones prácticas, repar-  
ten en tiempos de enjuague de desplazamiento como a 1  
y como enjuague final como 2.

De acuerdo a estos valores se obtiene que para  
llegar al requerimiento total de  $17 \text{ m}^3$ , el tiempo de  
enjuague de desplazamiento a un flujo de  $6 \text{ m}^3/\text{h}$ . será  
de 0.405 h, y el otro enjuague al flujo de  $18 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
será durante 0.8 h.

f) Requerimiento de agua para el enjuague.

Este valor es el que se halló anteriormente y fue  
de  $17 \text{ m}^3$  de agua para el enjuague total.

g) Regeneración de la Resina.

Según especificaciones de la resina, esta tiene  
una capacidad de :  $21.8 \text{ kgr. CaCO}_3/\text{ft}^3$ .

CAPACIDAD DEL INTERCAMBIADOR:

$$35.31 \text{ ft}^3/\text{m}^3 \times 1.7 \text{ m}^3 \times 21.8$$

Capacidad= 1308 kgr. de  $\text{CaCO}_3$ - Kgr(Kilogramos).

De acuerdo al análisis, debemos eliminar como  
máximo 400 mg de  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{lt}$ . que expresado como  $\text{CaCO}_3$ :

$$400 \text{ mg } \text{CH}_3\text{COOH}/\text{lt.} \times \frac{100 \text{ mg } \text{CaCO}_3}{123 \text{ mg. } \text{CH}_3\text{COOH}} = 328 \text{ mg } \text{CaCO}_3/\text{lt.}$$

para  $20 \text{ m}^3 = 20,000 \text{ lts}$ .

se tiene=  $328 \times 20,000 = 6.56 \text{ kg } \text{CaCO}_3/\text{h}$ .

7 Kgr.= 0.454 Kg.(equivalencia).

$$\frac{6.56 \text{ kg. CaCO}_3 \times 7 \text{ Kgr.}}{0.454 \text{ Kg.}} = 102 \text{ kgr. CaCO}_3/\text{h.}$$

De donde se tiene que la regeneración de la resina se deberá realizar cada 12.8 hrs.

Esto sale de la relación:

$$\frac{1308 \text{ kgr. CaCO}_3}{102 \text{ Kgr. CaCO}_3/\text{h}} = 12.8 \text{ hs.}$$

h.- Flujo de Regeneración.-

$$V_e = 4 \text{ h}^{-1}$$

$$\text{o}^\circ \text{ tr} = 0.25 \text{ h.} \quad \text{tr} = \frac{V}{Q} \quad (\text{volumen de resina}) \\ (\text{flujo de Reg.}).$$

$$Q = \frac{V}{\text{tr}} \quad Q = \frac{1.7 \text{ m}^3}{0.25 \text{ h.}}$$

$$Q = 6.8 \text{ m}^3/\text{h.}$$

i.- Tiempo de regeneración, si se satura con :

$$1308 \text{ kgr. CaCO}_3 = 85 \text{ kg Ca CO}_3$$

Que corresponden a :

$$85 \text{ kg CaCO}_3 \times \frac{80 \text{ Kg NaOH}}{100 \text{ Kg CaCO}_3} = 68 \text{ Kg. NaOH.}$$

Si la solución del regenerante es del 4 % NaOH.

luego: se pasarán ( V lt. de regenerante.

$$40 \text{ gr. NaOH} \quad 1 \text{ lt.}$$

$$68,000 \text{ gr. NaOH} \quad V \text{ lts.}$$

Vlts NaOH al 4 % = 1700 lts. = 1.7 m<sup>3</sup>

Si el flujo de regeneración es 6.8 m<sup>3</sup>/ h.

$$\text{Luego } t_{\text{Reg}} = \frac{1.7 \text{ m}^3}{6.8 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

$t_{\text{Reg}} = 0.25 \text{ h; } 15 \text{ minutos.}$

- Características Técnicas de Construcción.-

Espesor de las planchas del tanque(cilindro)	1/4 "
Espesor de las tapas bombeadas	3/8 "
Bridas laterales para el Ser. y Revisión	20"
Diámetro en pulgadas del reactor	60" x 72"
Altura total del ablandador	108"
Presión máxima de trabajo	100 lbs.
Circuito de Sol. de NaOH	1 1/4"
Circuito de condensado, en pulgadas	3" ø
Manómetro para control de presión a lbs.	100 x 4 1/2"
Flujo de Condensado tratado	90 g pm.
Capacidad en resina sintética (no incluída).	70 pies <sup>3</sup>

El tanque reactor tiene protección interior de "Fiber Glass" anticorrosivo y acabado exterior con pintura según código de flujos.

Tanque para Sol. de NaOH

**Características.**

Diámetro: 66"

Altura: 58"

Plancha 1/4"

Conexiones :1 1/4" y 1" para succión y descarga

Tratamiento interno: epoxidado contra la corrosión.

#### 9.4.- Desgasificador Térmico.-

Su función es la de eliminar los gases disueltos en especial el Oxígeno, que presentó el condensado de Agua de Cola y será, alimentado desde el tanque de almacenamiento del condensado tratado, mediante una bomba.

Está constituido por una bóveda de desgasificación (2) sujeta a un depósito desareador (12) efectuándose prácticamente en dos etapas de desgasificación en éste aparato.

Por recalentamiento del agua pulverizada en la bóveda (2).

Por barboteo del vapor de calefacción en el depósito (12).

El funcionamiento es el siguiente:

El agua a tratar se pulveriza en la parte superior de la bóveda (2), por medio de uno o más pulverizadores (4) y se encuentra con el vapor, el cuál después de haber barboteado en el depósito penetra en la bóveda por la chimenea central (3), Al contacto con la multitud de gotitas de agua el vapor se condensa cediendo su calor de vaporización, el vapor se condensa cediendo su calor de vaporización al agua cuya temperatura aumenta rápidamente a más de 100°C. Produciéndose una primera desgasificación.

El agua pulverizada se recoge en la base de la bóveda sobre un platillo perforado (8) que provoca su paso en forma de lluvia al depósito (12).

( Ver fig. # 6 ).

Esta agua se pone así por segunda vez en contacto con el vapor que se dirige hacia la bóveda. A la salida de la bóveda el agua se encuentra a la temperatura de desgasificación, y que ésta la desgasificación se ha efectuado en su totalidad.

Las últimas trazas de óxígeno se eliminan por barboteo del vapor de calefacción en el depósito, vapor que se reparte por una rampa de distribución (13), en el seno de la masa de agua, la cuál atravieza sin condensarse.

Los gases extraídos del agua y el vapor no condensado que llegan a la parte superior de (2), penetran en el espacio anular (5) que rodea la cámara que alberga los pulverizadores y en el que se termina la condensación del vapor. Estos gases que arrastran un volumen de vapor igual a su propio volumen, se evacúan por una tubería (7). La válvula (6) regula el caudal del agua admitido en el desgasificador en función del nivel en el depósito desareador y por consiguiente en función del consumo.

La presión se mantiene constante mediante una válvula (9) que lamina la admisión del vapor.



Dispositivos de Seguridad:

- Válvula rompe vacíos (1) que evita la puesta en vacío del desgasificador como consecuencia de una condensación bruta del vapor.
- Un sifón hidráulico (1) de protección contra la sobrepresiones eventuales.

El desgasificador tendrá las siguientes características Técnicas.-

Diámetro: 1 m.

Long. Cilíndrica. 2.50 m.

Long. Total: 3.00 m.

Presión máxima de trabajo: 50 lbs.

Material: Acero

Pomo ó Bóveda: Diámetro: 500 m.

Long.Total. 600 mm.

Material: Acero Inoxidable.

9.5.- Tanque de Almacenamiento de Acero de:

2 m<sup>3</sup> de Capacidad. „ recepciona cond.filtrado y alimenta a la torre de Intercambio.

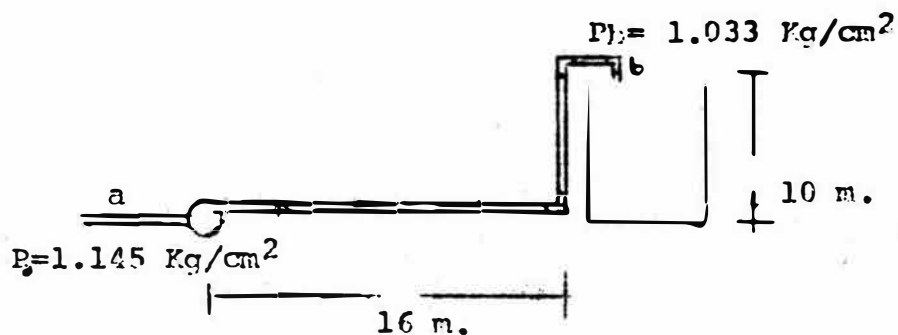
9.6.- Equipo Complementario.-

- Electrobombas : de 5 HP y 4 de 3 HP.

Se mostrará el calculo de una de las bombas. Cálculo de una bomba para utilizarla desde la salida de condensado de la planta de agua de cola, hasta el tanque de

recepción de 200 m<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta la presión con que sale el condensado (mezcla de 2do. y 3ero. efecto).

Cálculo de la Bomba # 1, según el esquema N°1 de la pág. N°109.



La ecuación para el trabajo de una bomba en la ecuación de Bernoulli es :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{g_c} + \frac{X_a V_a^2}{2g_c} + \frac{W_p}{\rho} = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{g_c} + \frac{X_b V_b^2}{2g_c} + h_f(A)$$

$P_a$  = Presión en el punto a. en  $\text{Kg/m}^2$  (P de salida del condensado).

$P_b$  = Presión en el punto b. .

$\rho$  = Densidad,  $\text{Kg/m}^3$

$g$  = Aceleración de la gravedad,  $\text{m/seg}^2$

$g_c$  = Factor de conversión,  $9-81.\text{kg.m/kg.+- seg.}^2$

$Z_a$  = Altura sobre un plano de referencia en el punto a.

$Z_b$  = Altura sobre un plano de referencia en el punto b.

X= Factor de corrección de la energía cinética,  
puede considerarse 1.

V= Velocidad lineal, m/seg.  $\bar{V}_a = \bar{V}_b$  (iguales diámetros).

$\eta$ = Rendimiento de la bomba= 50 % = 0.50

$W_p$ =Trabajo de la bomba, m-Kg f/kg,

La ecuación(A) puede quedar así:

$$\eta W_p = \frac{P_b - P_a}{\rho} + \frac{g(Z_b - Z_a)}{g_c} + h_f \text{---- (B)}$$

$P_b = 10330 \text{ Kg./m}^2$  (atmosf.).  $P_a = 11450 \text{ Kg./m}^2$

$\rho = 1000 \text{ Kg./m}^3$

$g/g_c = 1 \text{ kg + /kg.}$

$h_f = ?$

$\eta = 0.50$

$Z_b = 10 \text{ m.}$

$Z_a = 0 \text{ m.}$

#### Cálculo de $h_f$ .

Para calcular  $h_f$  se procede de la siguiente forma:

- Se determina el  $N_{re}$  (numero de Reynold's.).
- Con el  $N_{re}$  y la rugosidad hallamos  $f$ .
- Con este valor calculamos  $\Delta p$  y por lo tanto  $h_f$ .

#### A.- Determinación del $N_{re}$ .

$$N_{re} = \frac{D \bar{V} \rho}{\mu}$$

D= Diámetro de la tubería en cm= 7.62 cm.

$\bar{V}$ = Velocidad lineal cm/seg.

$\rho = 1g / \text{cm}^3$  densidad.

$\mu = \text{Viscosidad} = 0.1 \text{ gr.}$

cm.seg.

$$V = \frac{\text{Flujo}}{\text{Area}} \quad \text{El flujo es de } 13 \text{ m}^3/\text{h.}$$

V se obtiene 79.2 cm/seg.

$$N_{re} = \frac{7.62 \times 79.2 \times 1}{0.01}$$

$$N_{re} = 60,350.$$

b).- Con  $N_{re} = 60,350$ , rugosidad relativa =  $\frac{K}{D}$

$K = 0.00015 \text{ m.}$  para fierro negro

$D = 0.0762 \text{ m.}$

Rugosidad relativa =  $K/A = 0.002$

llevamos estos dos valores a la gráfica de  $f$  vs.  $N_{re}$  para cada valor de rugosidad y obtenemos:

$$f = 0.0067$$

$$c.- \Delta P = 2 f \frac{AL}{D} \frac{\bar{V}^2}{g_c}$$

$$\text{Pero } h_{fs} = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{2 f AL}{D} \frac{\bar{V}^2}{g_c}$$

$f = 0.0067$  factor de fricción.

$AL =$  Longitud de tubería en  $m_g - 26 \text{ m.}$

$\bar{V} =$  Velocidad lineal en  $m/\text{seg.} = 0.792 \text{ m/seg.}$

$D = 0.0762 \text{ m.}$  Diámetro.

$$h_{fs} = \frac{2 \times 0.0067 \times 26 \times (0.792)^2}{0.0762 \times 9.81}$$

$$h_{fs} = 0.292 \text{ m.}$$

$$h_f = h_{fs} + \frac{K_f V^2}{2 g c}$$

pérdida por fricción en 3 codos a 90°  
y una válvula.

$$K_f = 3 \times 0.9 + 0.2 = 2.9$$

$$h_f = 0.292 \text{ m} + \frac{2.9 \times (0.792)^2}{9.81}$$

$$9.81$$

$$h_f = 0.292 + 0.185 \quad h_f = 0.477 \text{ kgf.m/Kg.}$$

Reemplazamos este valor y los otros valores, conocidos que están debajo de la ec. (B) en esta:

$$0.50 W_p = \frac{10330 - 11450}{1000} + 1 (10 - 0) + 0.477$$

$$W_p = \frac{9.36}{0.50} \quad W_p = 18.72 \frac{\text{m-Kgf}}{\text{Kg.}}$$

La potencia utilizada por la bomba es el producto de  $W_p$  y la velocidad másica del flujo dividido por el factor de conversión 1 CV = 75 m - Kg f / seg.

$$m = \text{Velocidad másica} = 13. \text{ tr/ h.}$$

$$= \frac{13,000 \text{ kg.}}{1 \text{ h.}} \times \frac{1 \text{ h.}}{3,600 \text{ seg.}}$$

$$= 3,61 \text{ kg/ seg.}$$

y la potencia es :

$$P = \frac{m W_p}{75} = \frac{3.61 \times 18.72}{75}$$

$$P = 0.9 \text{ CV.}$$

Digamos como potencia 1 HP. pero como nunca se pone la bomba para una potencia exacta ya que posteriormente se puede necesitar para sacar otra línea y por lo tanto mayor potencia , se le pondrá a la Bomba N°1, una potencia de 3 HP.

- Además de las bombas se necesitan tuberías de fierro negro de 3" de diámetro interior.

#### 9.7.- Tanque de Almacenamiento.N°3.-

Capacidad 200 m<sup>3</sup>, su función es recepcionar el Condensado que ha sido filtrado y pasado por el Intercambiador Iónico, como también el Condensado de recuperación de la fábrica. Las características de éste son idénticas a las del tanque de almacenamiento N°1.

#### 9.8.- Tanque del Tratamiento para Desgasificación Química.-

En este tanque se dosificará el Sulfato de Sodio o la hidrazina para eliminar el Oxígeno disuelto. Será de fierro.

10.- ESTUDIO ECONOMICO.-

Aquí vamos a presentar el valor total del capital de inversión o capital fijo estimado para el tratamiento del condensado de agua de cola y el costo de operación de dicho tratamiento para cubrir totalmente el requerimiento de agua para los calderos de la planta piloto del Consorcio Ballenero S.A. la cual como ya se ha visto tiene escasez de agua y de mala calidad.

Para solucionar este problema a la Fábrica se le han presentado dos alternativas que las vamos a definir A y B.

ALTERNATIVA .-A-

Hacer una ampliación del actual sistema de abastecimiento y tratamiento del agua del subsuelo, para lo cual se tendrá que invertir en construir una nueva galería subterránea de 12 m. de profundidad y 50 m. de longitud / 2.50 m. También debe adquirir equipo para el tratamiento del agua con una capacidad de 10 m<sup>3</sup>/ hr. y de esta manera cubrir la demanda.

ALTERNATIVA B.-

Utilizar únicamente el condensado de las plantas de agua de cola previo tratamiento. Para lo cual se invertirá en la compra del equipo necesario

para el tratamiento con una capacidad de 20 m<sup>3</sup>/hr.

10-1 INVERSIONES.-

Capital Fijo Estimado para la Alternativa A.-

Costo de construir una galería subterránea.	S/.	100,000
Ablandador cap. 10 m <sup>3</sup> / hr.		100,000
Costo de 47 ft <sup>3</sup> de Resina Catiónica amberlita 120	S/.	
	1,500/ft <sup>3</sup>	70,500
2 bombas 3 HP.		19,000
Tuberías, (llevar agua de galería, hasta tanques recepción : 400 m).		60,000
Obras Civiles (Pisos y bases).		20,000
Gastos de Instalación		<u>20,000</u>
		S/389,500.

Capital Fijado para el tratamiento del Condensado

de Agua de cola con una capacidad de 20 m<sup>3</sup>/ hr.

1 Tanque de Recepción de condensado ,capacidad 200 m <sup>3</sup>	S/.	395,250
1 Filtro de cap. 20 m <sup>3</sup> /hr.		50,000
1 Torre Intercambio Iónico		286,000
1 Contómetro		12,600
60 fts <sup>3</sup> de RESina Aniónica (incluido gastos de aduana)	S/.	
	( 3,090,37/ft <sup>3</sup> )	
		185,422



1 Tanque para alimentar torre de Intercambio Cap. 2m <sup>3</sup>	18,000
4 Electrobombas de 3 HP.(S/.9,500 c.u.).	38,000
1 Electrobomba de 5 HP.	12,600
Tuberías (para el condensa desde la PADC asta el almacenamiento del tratado y conexiones (77m).	10,665
Tanque de Condensado tratado cap. 200 m <sup>3</sup>	395,250
Gastos de Instalaciones	20,000
Obras Civiles	
Bases para Tanques de 200 m <sup>3</sup> 19,000 c.u.	38,000
Base tanque 2 m <sup>3</sup>	2,000
Bases para resto del equipo y pisos	20,000
TOTAL CAPITAL DE INVERSION S/-1'482,587	

Este valor sería el total de la inversión para el tratamiento del Condensado; pero en el caso específico de la planta piloto no es necesario la compra de los dos tanques de 200 m<sup>3</sup> de capacidad, pues se puede utilizar los existentes en la fábrica y que sirven para recepción y almacenamiento en ambas alternativas; por lo tanto para la alternativa B la inversión sería restando del total del capital fijo para el tratamiento del condensado, el valor que representan estos tanques y sus bases:

Total capital fijo	S/. 1'482,587
Valor de Tanques	<u>830,500</u>
Inversión para la Alternativa B	S/. 652,087.

Es preciso aclarar que en el equipo para el tratamiento del condensado, no se ha incluido el desgasificador; pues el O<sub>2</sub> disuelto se va a eliminar utilizando Sulfito de Sodio ó sea por tratamiento químico.

El precio de un desgasificador de las características que se han mostrado en el subtítulo (9.4.) ha sido estimado en S/. 360,000.

También se debe tener en cuenta que el problema del O<sub>2</sub> disuelto es común en ambas alternativas, de tal manera que no incide mayormente en la comparación de costos.

#### 10.2.- COSTO DE OPERACION.-

10.2.1: Costo de operación para la alternativa A por un año de trabajo ( 32 semanas) y un tratamiento de 54,000 m<sup>3</sup> de agua del Subsuelo.

#### - COSTO DE ADITIVOS QUIMICOS.-

Aquí se incluye el costo de los productos desincrustantes y aquellos que eliminan las trazas de O<sub>2</sub> que generalmente son sulfitos y fosfatos, que se adquiere con diferentes nombres comerciales, como también está incluido el costo NaOH para elevar el PH del agua. De acuerdo a las estadísticas de la

fábrica el costo promedio es de S/. 3.05 /ton de agua, . Lo cual representaría un costo anual de:  
 $3.05 \times 54,000 = \text{S/} \underline{164,800}.$

Costo del ClNa para regenerar la resina de los  
ablandadores.-

Para los ablandadores existentes ( volumen resina 60 ft<sup>3</sup>) se requiere 750 Kg. por regeneración y para el nuevo ablandador ( 47 ft<sup>3</sup> de resina) 650 Kg. Estas regeneraciones se deberán hacer cada 15 hrs. de trabajo, como ya se ha indicado semanalmente se trabajan 100 hrs. y al año 32 semanas. Siendo el precio de ClNa de S/ 0.70/Kg. Se han considerado 6 regeneraciones por semana. Luego el costo anual será:

$$6 \times 1400 \times 32 \times 0.7 = \text{S/} \underline{188,000}$$

- Costo de Electricidad.-

Las tres galerías existentes poseen electrobombas de 3 HP , una por galería, las cuales funcionan cada hora por espacio de 20 minutos ( 1/3 hr).  
1 HP = 0.74548 Kw; costo de la electricidad S/.1.50

kw-hr.

Costo de la electricidad por hora

para las 3 gal.  $3 \times 3 \times 0.7454 \times \frac{1}{3} \times 1.50 = 3.36$  S/.

Para la nueva gal. 1.12

bomba que alimenta ablandadores 3 HP.      3.35  
S/. 7.83/hr  
Semanalmente S/. 783.  
Anualmente S/.25,056

- Costo de la Mano de Obra.-

Para el sistema de tratamiento de agua de las galerías se considera un operario en promedio por día, siendo el jornal de S/ 116.40 y considerando el 40 % por Beneficios Sociales que comprende : Seguro Social, Fondo de Jubilación, Indemnizaciones, Vacaciones, Senati; etc. Se tiene: que el costo diario será de :

S/. 116.40  
46.56 (40 % )  
S/. 162.96

Para un año ( 360 días ). S/. 58,464

- Gastos de Mantenimiento y Reparaciones.-

Incluye inspecciones periódicas, chequeo del equipo, limpieza, repuestos, pintado, etc. Por experiencia práctica se estima en S/ 50,000/año.

DEPRECIACION.-

Se ha considerado un valor máximo de 10 % anual para la depreciación del equipo.

Por consiguiente el valor anual que se cargará al costo total por este concepto será de  
\$/. 38,950.

- Gastos de Amortización.-

En estos gastos se va a considerar el pago de intereses para el caso que el capital de la inversión se amortice en un plazo de 5 años y con una tasa del 20 % anual.

El costo de amortización anual será:

$$R = \frac{P ( 1 + i )^n}{(1+i)^n - 1}$$

donde R= Amortización anual

P= Capital total de la inversión

i= Tasa anual

n= Período de tiempo( años).

$$\frac{(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = \text{c.r.f.} =$$

El valor de; c.r.f. ( factor de recuperación de capital) se encuentra en tablas y para nuestro caso (c.r.f.; i= 20% ; n= 5 ) = 0.33438

Luego  $R = Px \text{ c.r.f.}$

$$R = 389,500 \times 0.33438$$

$$R = 130,000$$

$$\text{En los 5 años sería: } 130 \times 5 = \text{S/ } 650,000$$

El pago de intereses en 5 años será S/ 650,000 -

389,500

S/ 260,500

52,100

y anual será: S/ 52, 100

Cabe hacer presente que tanto en la depreciación , como en los gastos de amortización, la incidencia por tonelada ó m<sup>3</sup> de agua tratada, será por 32,000 ton/ año que es la cantidad que se espera tratar con la ampliación del actual sistema.

Los costos de operación será por el total de agua que se requiere anualmente ó sea 54,000 toneladas ó m<sup>3</sup> .

En resumen tenemos:

	<u>Costo anual</u>	<u>Incidencia por tonelada</u>
Aditivos Químicos	S/. 164,800	S/. 3.05
ClNa para regenerar	188,000	3.49
Electricidad	25,000	0.46
Mano de Obra	58,464	1.08
Mantenimiento	<u>50,000</u>	<u>0.92</u>
Costo Operación:	S/. 486,264	S/, 9.00/ton
Depreciación	38,950	1.22
Gastos Amortización	<u>52,100</u>	<u>1.63</u>
Costo total de tratamiento.	S/. 577,314	S/. 11.85 / ton

10-2-2- - Costo de Operación para la Alternativa B.-

Aquí se incluirá los gastos de operación necesarios para el tratamiento de 54,000 m<sup>3</sup> de Condensado de agua de cola por año ( 32 semanas ).

- Costo de NaOH para regenerar la resina amberlita IRA- 900.

En la pág. 97 se indica que es necesario 68 Kg. de NaOH para regenerar la resina del Intercambiador iónico, se debe regenerar 7 veces por semana y el costo de NaOH es de S/. 6,14 / kg.

Luego el costo será:  $68 \times 7 \times 32 \times 6.14 = \underline{\text{S/}.93,520}$

- Costo del Sulfito de Sodio para eliminar O<sub>2</sub> disuelto.

La práctica indica de 9 a 10 partes de SO<sub>3</sub><sup>=</sup> por una parte de O<sub>2</sub>. Para nuestro caso en el que hay hasta un máximo de 1.5 partes de O<sub>2</sub>

Considerando:  $9.5 \times 1.5 = 14.25$  mg. de SO<sub>3</sub>Na/lit de Condensado.

Por m<sup>3</sup> se tendrá : 14.25 gramos

Para 54,000 m<sup>3</sup>: 769,500 gr. = 1,690 lbs.

El costo del Sulfito es de S/. 19 / lb.

Luego tendremos que el costo para el tratamiento será de S/ 32,200



- Costo de la Mano de Obra.-

Se ha considerado que es necesario mayor atención y cuidado para el buen funcionamiento del equipo para el tratamiento, luego pondremos un operario por turno de 8 hrs. y 2 turnos por día, lo que representa 2 operarios por día. Como al año se paga S/. 58,464 por c.u.

Luego al año tendremos  $58,464 \times 2 = 116,928$  S/.

- Costo de la Electricidad.-

Para las 4 electrobombas de 3 HP y 1 de 5 HP

Para 3,200 hrs. de trabajo por año y siendo el costo de la electricidad S/. 1.50 kw-hr. se tiene:  
 $17 \times 0.7454 \times 3,200 \times 1.5 = \text{S/}. 60,700$

Luego el costo anual por concepto de electricidad será:

S/. 60,700

- Gastos de Mantenimiento y Reparaciones.-

Por este concepto se ha considerado S/ 50,000 anuales.

- Depreciación.-

Por concepto de depreciación del equipo se considera un valor del 10 % anual y una vida útil de 10 años.

Por consiguiente el valor anual que se cargará al costo total de tratamiento por este concepto ( depreciación ) será de S/. 65,208.

Gastos de Amortización.-

Como en el caso de la Alternativa A, también vamos a considerar por este concepto el pago de intereses, si el capital de la inversión es amortizado en un plazo de 5 años y con unatasa del 20 % anual.

Tendremos:  $R = Px$  ( c.r.f.  $i = 20\%$ ;  $n = 5$

$$R = 652,087, \times 0.33438$$

$$R = 218,000 = \text{amortización anual.}$$

En 5 años será : S/. 1'090,000

Por concepto de Intereses S/. 1'090,000 -

652,087

S/- 437,913.

y anualmente: S/ 87,582 de Intereses.

B

En resumen tenemos:

	Costo anual	Incidencia por tonelada
NaOH para regeneración	S/. 93,520	
Sulfito de Sodio	32,200	
Mano de Obra	116,928	
Electricidad	60,700	
Mantenimiento	50,000	
	<hr/>	
Costo de Operación	S/. 353,348	S/. 6.54
Depreciación	65,208	1.20
Gastos amortización	<u>87,582</u>	<u>1.62</u>
Costo total de tratamiento	S/. 506,006	S/. 9.36 / ton.

### 10.3.- Comparación Económica.-

En esta parte del Estudio Económico, se muestra las diferencias entre los costos de una y otra alternativa para poder visualizar las ventajas económicas.

La inversión en capital fijo necesario para el tratamiento del condensado de agua de cola ( alternativa B) con una capacidad de 20 m<sup>3</sup>/ hr. es mayor con respecto a la inversión para el tratamiento del agua de galería ( Alternativa A ) con capacidad de 10 m<sup>3</sup>/hr.

Esta diferencia es :

Inv. Alternativa B	S/. 652,087 -
" " A	<u>389,500</u>
	S/. 262,587

Diferencia entre los costos de operación por tonelada  
ó m<sup>3</sup> de agua ó condensado tratados.

Costo Operación Alt. A.	S/. 9.00 / ton
Costo Operación Alt. E.	<u>6.54 / ton</u>
Economía.	S/. 2.46 / ton

La economía en un año por el tratamiento de  
54,000 ton ó m<sup>3</sup> es de :

S/ 132,840.

Diferencia entre los costos totales de tra-  
tamiento por ton ó m<sup>3</sup> de agua ó condensado tratados.

Costo trat. Alt A=	S/. 11.85 / ton
Costo trat. Alt. B=	<u>9.36</u>
Economía.	S/. 2.49 / ton

La economía en un año por el tratamiento  
de 54,000 ton ó m<sup>3</sup> es de : S/ 134,460.

Retorno a la Inversión NI)

$$NI = \frac{I}{X}$$

I= Inversión total

X= Utilidad ó economía

a.- Para la diferencia de Inversiones:

$$NI = \frac{262,587}{134,460} = 1.9$$

Trabajando en forma normal el retorno de la diferencia en las inversiones será e 1.9 años = 2 años

b.- Para la Inversión de la alternativa B.-

$$NI = \frac{652.087}{134,460} = 4.9$$

Trabajando en forma normal el Capital total de la Inversión para el tratamiento del condensado de agua de cola, retornará a la empresa en 4.9 años = 5 años.

Rentabilidad.- (r)

La rentabilidad puede hallarse por la siguiente ecuación:

$$r = \frac{X}{I} \times 100$$

$$r = \frac{134,460}{652,087} \times 100$$
$$r = 20.8 \%$$

### 11.- Conclusiones y Recomendaciones.-

El estudio que se ha realizado en ésta Tesis, constituye la primera etapa de una futura investigación con procesos, métodos e instrumental más moderno, de los que hemos utilizado para llevar a la realización práctica todos los cálculos que hemos desarrollado en los Laboratorios de la UNI.

Aunque se trata de una primera etapa, sobre el estudio y la práctica realización de poder utilizar el condensado de la planta de agua de cola como agua de alimentación de calderos, nos cabe la satisfacción de haber llegado a demostrar de que esta posibilidad arriba mencionada es factible, no sólo en teoría sino que también en la práctica, siempre y cuando se mantenga un severo control de Laboratorio y de Análisis, por cada turno de 12 hrs. sobre la correcta calidad del condensado de la planta de agua de cola, que entra en el proceso de filtración y tratamiento de intercambio iónico. Esto quiere decir de que através del estudio realizado, la condición fundamental de un eficiente tratamiento de éste condensado estriba en el correcto funcionamiento de la planta de agua de cola a fin de que el condensado a tratar llegue al filtro en las mejores condiciones, en efecto si por un

mal funcionamiento de la planta de agua de cola, el condensado arrastra sólidos en suspensión e impurezas en cantidades apreciables, entonces, la eficiencia del equipo de tratamiento disminuye en la misma proporción.

En otras palabras la instalación del equipo de tratamiento del condensado, constituye un centro de control de la eficiencia de trabajo de la planta de agua de cola.

De acuerdo al estudio desarrollado y presentado en nuestra tesis, hemos llegado a definir y aclarar los siguientes conceptos que consideramos básicos para quienes seguirán estudiando este problema a fin de perfeccionar y mejorar la solución que nosotros les hemos dado:

- a.- El agua del subsuelo de la costa que se dispone en la actualidad es escasa y de mala calidad debido a su dureza elevada y alto contenido en cloruros. por consiguiente no es recomendable para las calderas.
- b.- El Condensado que se obtiene del 2do y 3er. efecto de los evaporadores en la planta de agua de cola es suficiente para cubrir el requerimiento de agua de reposición de las calderas.
- c.- Por los análisis efectuados se ha determinado la ausencia en el condensado, de dureza, y de iones

inorgánicos que ocasionen incrustaciones y precipitaciones en las calderas.

d.- Se ha determinado la presencia de compuestos volátiles, preferentemente ácidos carboxílicos de cadena corta, amoníaco, aminas, principalmente la trimetilamina, encontrándose estos en mayor cantidad, cuando la anchoveta ha sido procesada después de un tiempo mayor de lo normal.

e.- La presencia de las Aminas , no constituyen peligro, pues además de su alcalinidad, tienen propiedades anticorrosivas y protectoras.

f.- El intercambio iónico elimina de manera efectiva los aniones del condensado y evita el peligro de corrosión por parte de éstos. Pudiendo usarse, resinas aniónicas para este fin, consiguiéndose también valores del pH elevados superiores a 10.

g.- La presencia de  $O_2$  disuelto puede eliminarse fácilmente mediante una desgasificación física o también químicamente.

Y finalmente se llega a la conclusión de poder utilizar el condensado del agua de cola, previo tratamiento, como agua de alimentación de los calderos por ser un agua de calidad superior a la que se extrae del



subsuelo de la costa através de pozos y/ ó galerias, Favoreciendo así un mejor estado de conservación y una más alta eficiencia técnica, no solamente de los generadores de vapor sino también de los cocinadores, debido a la buena calidad del vapor utilizado, redondeando estas ventajas, sobre una efectiva economía en los gastos de mantenimiento de los equipos arriba mencionados.

En efecto hemos demostrado que el costo de operación del tratamiento del condensado está por debajo del costo para el ablandamiento y tratamiento químico del agua utilizada actualmente.

12.- REFERENCIAS-

- 1.- Datos del "IMARPE ( Instituto del Mar del Perú )
- 2.- " Pharmacopoea Internationalis". Editio Prima Volumen.  
I- Pag. 333-35.
- 3.- " Análisis de Alimentos" Winton y Winton; Pag. 1035-37
- 4.- " Biocímica General" Fruton y Simonds; Edición Omega,  
Barcelona, Pag. 753- 72.
- 5.- Journal of Canada Fisheries Research -Board00 de 1944  
Pag. 243 - 44.
- 6.- "ASTM" " American Society Testing Materials" de 1969  
# 20- D20- Pag. 946 - 49.
- 7.- " Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas  
de Desechos".
- 8.- " Química General" Linus Pauling" Pag. 248
- 9.- " Fundamentos de la Corrosión" J.C. Scully, Primera  
Edición, colección Exedra.
- 10- " Degrémont"
- 11- Betz Hand Book of Industrial Water Conditioning".  
W.H.L.D. Betz.
- 12- "Amberlite Ion Exchange Resins, Laboratory Guide".
- 13.- OTRAS.-  
" Manual del Ingeniero Químico" John H. Perry.  
" Corrosión Resistance Of Metals and Alloy " LaQue  
& Copson - Primera Edición.

- " Operaciones Básicas de Ingeniería Química" Mc-Cabe/  
Smith
- " Water Treatment for Industrial and other Uses"-Fskell  
Nordell.
- " Chemistry on Engineering"- Lloy A Munro Pag. 231
- " Experimental Immuno Chemistry" Kabat E. Msyer, 1961  
Pag. 556-58-61.
- " Resinas cambiadoras de Iones" L. Savidan -Primera  
Edición. Colección Exedra.