



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**MONTAJE Y ARRANQUE DE UNA PLANTA  
DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA LA  
FABRICACION DE CINESCOPIOS.**

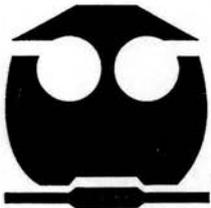
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**GABRIEL CALOCA LOPEZ**



**MEXICO, D.F.**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA**

**2004**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

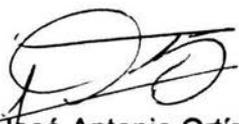
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

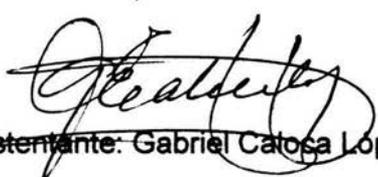
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

**Jurado Asignado:**

|               |                                      |
|---------------|--------------------------------------|
| Presidente    | Prof. Ortiz Ramírez José Antonio.    |
| Vocal         | Prof. Rangel Davalos Humberto.       |
| Secretario    | Prof. Barragan Aroche José Fernando. |
| 1er. Suplente | Prof. Pérez Gabriel Baldomero.       |
| 2°. Suplente  | Prof. Ramírez Martinelli Ramón.      |

Sitio donde se desarrollo el tema: Ciudad Universitaria, Facultad de Química, Conjunto "E", Edificio de Ingeniería Química.

  
Asesor: Ing. José Antonio Ortiz Ramírez.

  
Sustentante: Gabriel Calosa López.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A TODOS LOS QUE ME APOYARON**

DEBO DE AGRADECER A UN GRAN NÚMERO DE PERSONAS LAS CUALES ME HAN APOYADO EN LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO. A CONTINUACIÓN MENCIONO A LAS MÁS RELEVANTES Y SI OMITO A ALGUNA, DE ANTEMANO BRINDO DISCULPAS POR MI MALA CABEZA.

### **A MI DIOS**

POR HABER ORDENADO DE TAL MANERA ESAS "CASUALIDADES" QUE SE DAN EN LA VIDA QUE AHORA ME ENCUENTRO AQUÍ. GRACIAS.

### **A MIS PADRES**

A LA MEMORIA DE MIS INOLVIDABLES Y QUERIDÍSIMOS PADRES, CON VENERACIÓN Y RESPETO POR SU EJEMPLO Y GUÍA INIGUALABLES. GRACIAS DONDE QUIERA QUE ESTEN.

### **A MI UNIVERSIDAD**

A MI QUERIDA ESCUELA Y A TODOS MIS MAESTROS DE QUIENES MÁS QUE CONOCIMIENTOS ME LLEVO UNA PARTE DE ELLOS. GRACIAS.

### **A MI ESPOSA E HIJOS**

A MI ESPOSA, A MIS HIJOS, A MIS HIJOS POLÍTICOS Y NIETOS; POR SU APOYO, COMPENSIÓN Y AMOR. GRACIAS.

### **A MI HERMANA**

A MI HERMANA, A SU FAMILIA, POR SER TAN VALIENTE, TE QUIERO HERMANA. GRACIAS TERE.

### **A MI FAMILIA EN GENERAL**

POR SER LA FAMILIA QUE SIEMPRE QUISE TENER, GRACIAS.

### **A MI ASESOR**

A EL ING. JOSÉ ANTONIO ORTÍZ RAMÍREZ, MI ASESOR EN ESTE TRABAJO, POR SU GRAN APOYO Y CALIDAD HUMANA. GRACIAS INGENIERO.

### **A LA LIC. FIGUEROA LEÓN.**

A LA LIC. ANA ROSA FIGUEROA LEÓN POR SU GRAN APOYO EN LA CAPTURA, REVISIÓN Y FORMATO DE ESTE TRABAJO. GRACIAS.

### **A MIS AMIGOS**

A LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TODA LA VIDA CON QUIENES SIEMPRE HE CONTADO, YA SEA EN LAS DURAS COMO EN LAS MADURAS, MUCHAS GRACIAS.

## INDICE

|  | Pag. |
|--|------|
| CAPITULO I   | 1    |
| 1. Breve descripción de la fabricación del cinescopio            | 1    |
| CAPITULO II  | 3    |
| 2. Proceso de desmineralización de agua                          | 3    |
| 2.1 Introducción   | 3    |
| CAPITULO III   | 10   |
| 3. Desarrollo del proyecto                                       | 10   |
| 3.1 Especificaciones requeridas para el agua                     | 10   |
| 3.2 Descripción de la planta                                     | 10   |
| 3.3 Información técnica, para el montaje y arranque              | 14   |
| 3.4 Instrucciones para el llenado de la unidad catiónica         | 16   |
| 3.5 Instrucciones para el llenado del desgasificador             | 18   |
| 3.6 Instrucciones para el llenado de la unidad de lecho mezclado | 19   |
| 3.7 Limpieza del tanque regenerador de sosa                      | 21   |
| 3.8 Observaciones generales                                      | 21   |
| 3.9 Instrucciones de funcionamiento                              | 24   |
| 3.9.1 Operación de agotamiento de la resina                      | 24   |
| 3.9.2 Lavado a contracorriente                                   | 25   |
| 3.9.3 Preparación del tanque regenerador a partir de ácido       | 26   |
| 3.10 Proceso de regeneración de resinas                          | 27   |
| 3.10.1 Drenado   | 27   |
| 3.10.2 Regeneración de la unidad catiónica                       | 27   |
| 3.10.3 Drenado   | 28   |
| 3.10.4 Enjuague 1  | 28   |
| 3.10.5 Lavado corto a contracorriente                            | 28   |
| 3.10.6 Enjuague 2  | 29   |
| 3.10.7 En operación otra vez el sistema                          | 29   |
| 3.11 Desgasificador y Bombas elevadoras de presión               | 29   |
| 3.12 Unidad de lecho mezclado                                    | 30   |
| 3.12.1 Operación de agotamiento de la resina                     | 30   |
| 3.12.2 Preparación del tanque regenerador de sosa                | 30   |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.12.3  | Lavado a contracorriente   | 31 |
| 3.12.4  | Regeneración con sosa de la resina Aniónica del lecho mezclado MB    | 32 |
| 3.12.5  | Enjuague de las resinas separadas del lecho mezclado MB              | 33 |
| 3.12.6  | Preparación del tanque regenerador de ácido                          | 33 |
| 3.12.7  | Regeneración con ácido de la resina catiónica del lecho mezclado MB  | 34 |
| 3.12.8  | Enjuague de las resinas separadas de la unidad del lecho mezclado MB | 34 |
| 3.12.9  | Mezcla de las resinas del lecho mezclado MB                          | 35 |
| 3.12.10 | Llenado de la unidad de lecho mezclado MB con agua                   | 35 |
| 3.12.11 | Último enjuague  | 36 |
| 3.13    | En funcionamiento otra vez   | 36 |
|         | CAPITULO IV  | 37 |
| 4.      | Experiencias y recomendaciones.                                      | 37 |
|         | CAPITULO V   | 39 |
| 5       | Consideraciones económicas y de diseño                               | 39 |
|         | CAPITULO VI  | 45 |
| 6       | Apéndice   | 45 |
|         | CONCLUSIONES   | 50 |
|         | BIBLIOGRAFÍA   | 52 |

## INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de un cinescopio (tubo de rayos catódicos) se requiere de diferentes procesos químicos, uno de ellos es la desmineralización del agua, de la cual hablaremos a detalle, tal proceso requiere de una planta que efectúe la desmineralización del agua, donde se obtendrá un agua de proceso, de una calidad tal que cubra las necesidades; basándose en la aplicación de zeolitas (resinas intercambiadoras de iones), catiónicas y aniónicas que se encargan de realizar dicho proceso. Esta planta requiere de procedimientos, normas y personal capacitado para su buen funcionamiento en la fabricación del cinescopio, se requiere de agua desmineralizada siendo este uno de los procesos para obtener dicho producto, esta agua se va utilizar en diversos procesos por ejemplo, lavado y enjuague del cinescopio, preparación de soluciones químicas que se usarán en el proceso, para obtener medios, dispersantes, etc.

Este es un elemento, importante porque de no ser así no se llevaría a cabo la fabricación del cinescopio, ya que crea un medio inerte necesario para el proceso de obtención de la pantalla.

Para la desmineralización del agua es necesario llevar a cabo ciertos pasos como son: tratamiento del agua a través de dos unidades catiónicas, un desgasificador y por último por una unidad de lecho mezclado (aniónica- catiónica).

Todo este proyecto como cualquier otro requiere de un desarrollo y este no es la excepción, la secuencia de sus operaciones es de suma importancia puesto que cualquier mal manejo dañaría el proceso de desmineralización del agua.

De los requerimientos más importantes es el agua ya que con ella se va a trabajar por lo tanto deberá cubrir ciertas especificaciones para que pueda ser utilizada.

Existe una serie de instrucciones para el llenado y arranque de cada una de las unidades de la planta, así como la limpieza, el lavado, el drenado, los enjuagues y procesos de regeneración de las resinas basándose en ácido y sosa.

## CAPÍTULO I

### 1. Breve descripción de la fabricación del cinescopio.

El cinescopio en términos comunes significa "proyector de imágenes en movimiento". Desde el punto de vista científico encontramos que es un tubo de rayos catódicos, que forman parte estructural de cualquier aparato televisivo y otras aplicaciones como los monitores de computadoras, teléfonos celulares con imágenes, etc.

La fabricación de cinescopios se lleva a cabo en dos áreas básicas: una basándose en procesos físico-químicos y otra de proceso electro-mecánicos, y en el orden descrito.

El primer proceso físico-químico inicia con un tratamiento de la parte interna del botellón (cinescopio), que consiste en un lavado interno con ácido sulfhídrico al 20% el cual atacará al vidrio creando una superficie rugosa, que dará una alta capacidad de anclado a la solución (líquido- sólido) que posteriormente formará la pantalla del cinescopio. Enseguida se hace un lavado y enjuague con agua desionizada, dejando al botellón en condiciones de pasar al siguiente paso del proceso que es el de sedimentado y decantado, que se lleva a cabo en las máquinas decantadoras, en la siguiente forma:

✓ Se coloca el botellón en las decantadoras, se suministra, en la parte interna, la solución dispersante basándose en nitrato de potasio y enseguida se le agrega la solución de silicato de potasio y de bario, que se dejarán durante diez minutos sedimentarse, que formará una película que será la pantalla del cinescopio, para después proceder al decantado de la parte líquida, quedando la parte sólida formando la pantalla del cinescopio.

✓ Enseguida pasa al área de inyección de una solución plástica, (solución acrílica) sobre la pantalla, que le servirá como protección, en el siguiente paso del proceso, el de aluminizado, evitando que se quemé la pantalla.

✓ El proceso de aluminizado, que le hace un vacío al botellón y así mediante un potenciómetro se alimenta mayor cantidad de corriente que provoca que el aluminio que está sólido en un soporte dentro del botellón alcance su punto de evaporación y se gasifique, de tal manera que al chocar con las paredes del recipiente se adhieran a él formando el aluminizado interior, que servirá como medio transmisor de corriente; previamente se le hizo un pintado con

solución de grafito desde el segundo, ánodo acelerador de electrones hasta el cuello del cinescopio donde se colocará el canon electrónico emisor de electrones.

El siguiente paso consiste en que a cada botellón a través de un horno de túnel en el cual mediante una curva calorífica (diferentes temperaturas) se va a eliminar la película de plástico que ya no se necesita pues ya cumplió con su función de proteger a la pantalla para que no se quemare durante el aluminizado.

El segundo proceso electro-mecánico es en donde el primer proceso consiste en la colocación del cañón electrónico mediante un sellado que se hace del cañón en el cuello del botellón. Para después colocar los botellones en unas máquinas de vacío las cuales además de crear dentro del botellón el vacío especificado también, al mismo tiempo, activan electrónicamente al cátodo del cañón para que pueda emitir electrones sobre la pantalla del cinescopio.

El segundo proceso consiste en darle al cinescopio una pintada en la parte posterior externa con una solución de grafito con la que el aluminio interno forma un condensador con el vidrio como dieléctrico.

Por último pasa a un banco de pruebas generales y algunos quedan por tiempo indefinido para prueba de vida.

## CAPITULO II

### 2. Proceso de desmineralización de agua.

#### 2.1 Introducción

El fenómeno del "intercambio iónico" fue observado y estudiado hace tiempo, pero es hasta mediados del siglo pasado, cuando empezó a tener un gran desarrollo en sus aplicaciones que cubren actualmente casi todo el campo de la química interviniendo en ramas tan diferentes como la agricultura, la biología, la medicina, la electrónica, etc.

Su empleo es cada vez mayor y el fenómeno se reconoce hoy como una de las "operaciones unitarias", entre las cuales se encuentran las operaciones clásicas como: filtración, destilación, evaporación, etc.

Este fenómeno ha tenido una historia curiosa, fue conocido hace unos ciento cincuenta años, pero las numerosas aplicaciones, así como la complejidad de los aspectos teóricos, datan solo de pocas décadas. Podemos indicar en las siguientes etapas la historia de su desarrollo desde un punto de vista científico.

✓ En 1850 los químicos agrícolas ingleses Way y Thompson, conocieron el fenómeno al estudiar los fertilizantes; las investigaciones se efectuaron con arcillas y zeolitas naturales (Aluminio-silicatos).

✓ En 1905, Gans propone la primera aplicación industrial del "intercambio iónico": el ablandamiento de aguas duras empleando zeolitas sódicas.

A partir de estos trabajos se preparan zeolitas sintéticas de mayor capacidad de intercambio que las naturales. La aplicación de zeolitas es limitada porque son estables sólo en una zona estrecha del pH.

✓ En 1930 una serie de trabajos encabezados por Pauling contribuyeron al mejor entendimiento del fenómeno.

En este año aparecen los llamados intercambiadores orgánicos para empleo técnico; los primeros en importancia industrial fueron los materiales carbonosos sulfonados.

En 1935 Holmes y Adams descubren las "resinas sintéticas"; intercambiadores tanto de aniones como de cationes. Esto hizo posible la manufactura de las mismas con propiedades reproducibles y bien definidas.

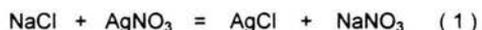
A partir de estos estudios la investigación ha tenido un desarrollo sorprendente. Actualmente todas las revistas científicas y técnicas dan ejemplos de sus aplicaciones casi universales: separación de bases orgánicas y amino-ácidos, análisis químico y cuanteo de elementos raros, recuperación de metales y otras sustancias como estreptomycin, refinación de azúcar y glicerina; así como ablandamiento de aguas y catálisis.

Todo ilustra la importancia de estas resinas y es una indicación del uso cada vez más amplio que puede esperarse de ellas.

Las resinas de "intercambio iónico" son poliácidos o polibases de alto peso molecular, virtualmente insolubles en las mayorías de los medios acuosos y no acuosos. Pueden describirse como poseedores de estructuras con grandes grupos polares de intercambios sostenidos juntos por una malla tridimensional de hidrocarburos.

Los cambiadores catiónicos pueden contener grupos sulfónicos, fosforosos, fosfóricos, carboxílicos, o fenólicos o grupos cuaternarios de amonio.

REACCIONES TIPICAS.- El fenómeno del "intercambio iónico" puede ser comprendido fácilmente comparando las reacciones de intercambio iónico con reacciones similares de soluciones, por ejemplo:



Puede considerarse que el ión plata es intercambiado por el ión sodio de las moléculas del NaCl. Similarmente una resina de intercambio catiónico en la forma sodio intercambiará los iones de sodio móviles de la resina, con iones de plata de la solución.

Tal reacción puede escribirse como sigue:



El "intercambio iónico" también se ha definido como "el intercambio reversible de iones entre el sólido y el líquido, en el cual no hay cambio sustancial en la estructura del sólido".

En una resina de "intercambio iónico" una de las especies iónicas siempre está fija a una red de altos polímeros y por lo tanto permanece insoluble o inmóvil en la fase sólida.

Regeneración.-Cuando los cambiadores iónicos se agotan pueden regenerarse por medio de un lavado con una solución adecuada. En la fase regenerativa tienen lugar las reacciones arriba mencionadas en sentido de derecha a izquierda.

Síntesis.-Con excepción de las zeolitas inorgánicas y el carbón sulfonado, todos los cambiadores comerciales están basados en resinas sintéticas; éstas contienen "grupos activos" fijados a una red o malla molecular de ligaduras cruzadas.

Los polímeros lineales son convertidos por los grupos de iones activos en polímeros solubles e inestables químicamente.

Los requisitos de insolubilidad e inestabilidad se satisfacen ligando en cruz estos polímeros y formando un verdadero esqueleto.

La estructura química de una resina típica de estireno sulfonada y ligada en cruz con divinilbenceno se muestra en la figura No. 1 esta es una resina catiónica fuerte de alta capacidad según Bauman.

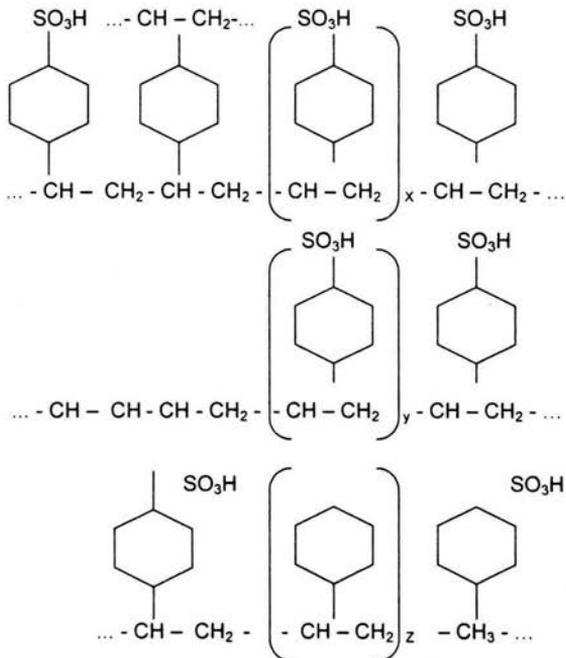
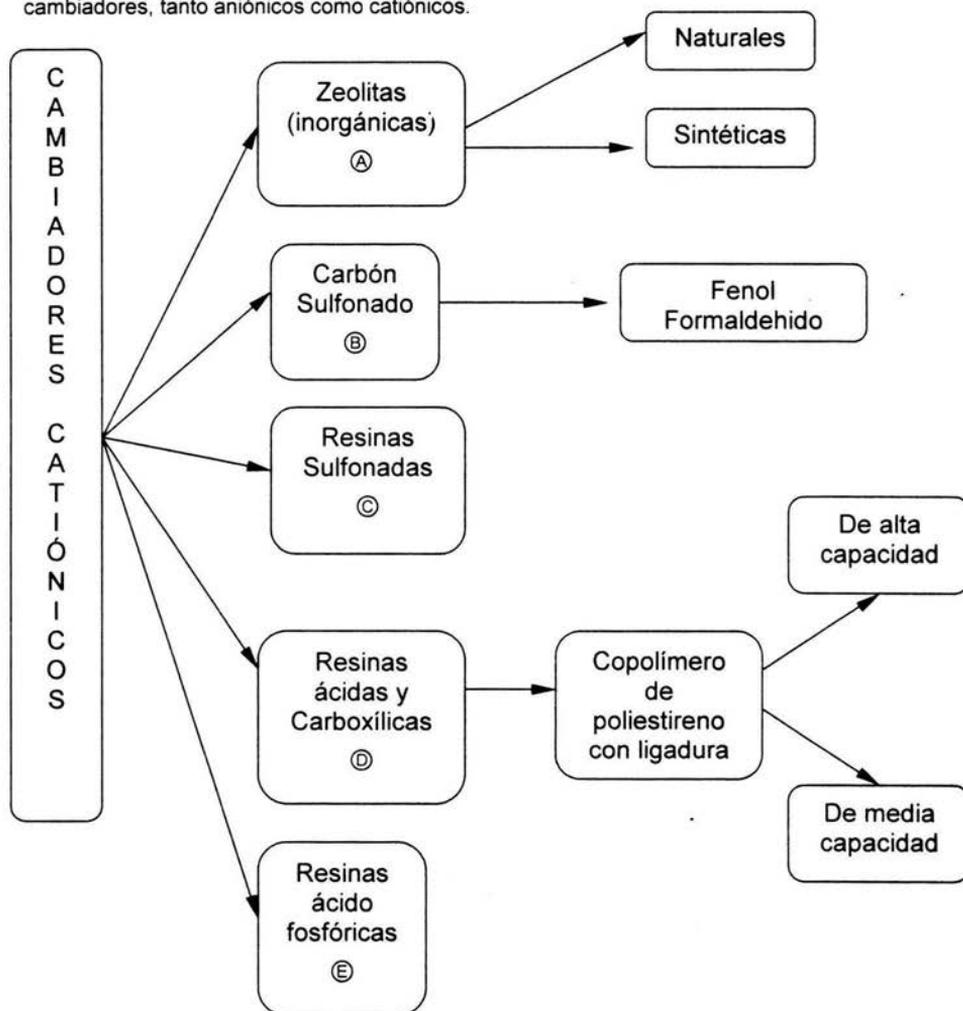


Fig. 1 Resina de intercambio catiónico

Un cambiador típico de base débil se representa en la figura 2 este polímero contiene aminas primarias, secundarias y terciarias que dan a una resina un poder básico que abarca un margen desde pH = 3 hasta pH = 8

Clasificación.

Hiester ha formado la tabla 1 que muestra esquemáticamente los diversos tipos de cambiadores, tanto aniónicos como catiónicos.



**TABLA 1. Clasificación de resinas cambiadoras.**

#### CAMBIADORES CATIONICOS:

Ⓐ De los productos naturales los que más se usan son las zeolitas; sin embargo de esta, las sintéticas poseen una capacidad considerablemente mayor. El uso de zeolitas se limita a zonas de pH neutro; de aquí que se empleen exclusivamente para suavizar aguas.

Ⓑ El carbón sulfonado tiene una capacidad ligeramente más baja que las zeolitas sintéticas pero puede regenerarse con ácido o con una sal, lo que constituye una ventaja considerable sobre las zeolitas.

Ⓒ Las resinas sulfonadas más antiguas de fenol- formaldehído, han sido reemplazadas por resinas de poliestireno que tienen mayor estabilidad. Las resinas sulfonadas de estireno son, sin embargo, los caballos de batalla de la industria.

Ⓓ Las resinas carboxílicas son fácilmente regeneradas con ácidos pero no separan sales de ácidos fuertes. Estas resinas se usan principalmente en el intercambio de iones orgánicos grandes, como estreptomina y para reducir exceso de alcalinidad. La capacidad de intercambio de estas resinas es la mayor entre los cambiadores cationicos.

Ⓔ Las resinas fosfóricas tienen una fuerza intermedia entre los tipos sulfonado y carboxílico. Poseen excelente capacidad de intercambio a pH alto y pueden regenerarse eficientemente con ácido.

#### CAMBIADORES ANIÓNICOS:

La evolución de las resinas cambiadoras de aniones ha seguido un curso diferente al de los productos cambiadores de cationes. Hasta 1950 apareció la primera resina comercial de base fuerte.

Todos los cambiadores aniónicos son aminas sintéticas de forma resina. Tienen altas capacidades y pueden regenerarse con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ó  $\text{NH}_4\text{OH}$ . La designación tipo I y tipo II (tabla 1) se refiere a distintas clases de sustituyentes amínicos en la estructura del poliestireno. En las de tipo I hay mayor estabilidad térmica (pueden usarse hasta 70°C) en tanto que la aplicación de la del tipo II esta limitada a 40°C.

También se dispone de resinas catiónicas y aniónicas combinadas para trabajos de "lecho mezclado"

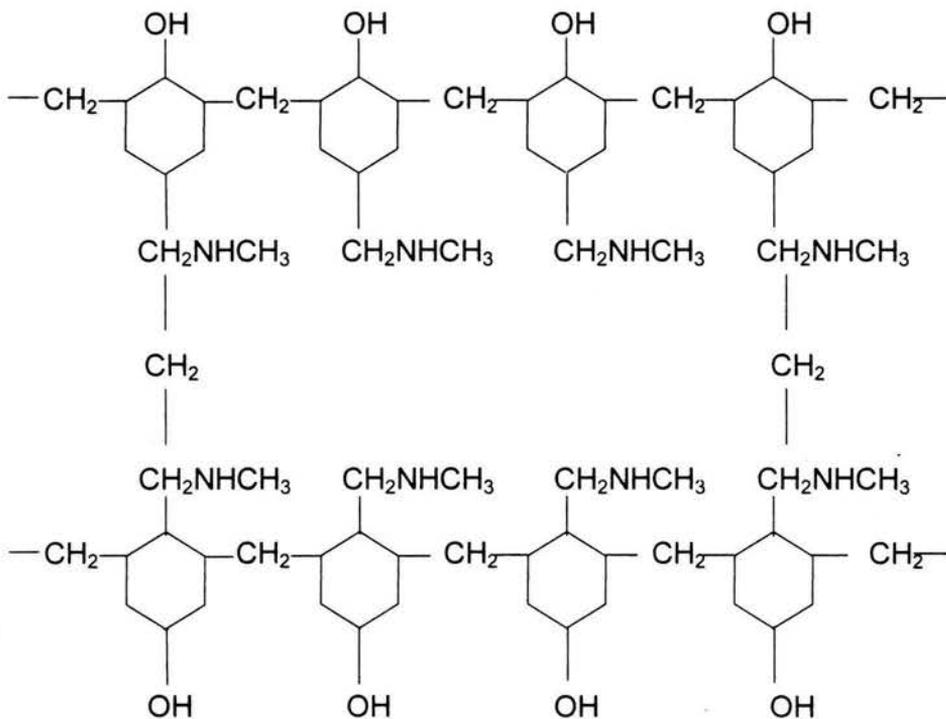


Fig. 2 Resina de intercambio aniónico

Los "cambiadores iónicos" en el tratamiento de agua se aplican solamente "componentes iónicos". Los siguientes iones son los más frecuentemente hallados en las aguas, para los cuales se emplean métodos de intercambio:

| <b>CATIONES</b>  |
|------------------|
| <b>Calcio</b>    |
| <b>Magnesio</b>  |
| <b>Sodio</b>     |
| <b>Hierro</b>    |
| <b>Manganeso</b> |
| <b>Potasio</b>   |
| <b>Cobre</b>     |
| <b>Amonio</b>    |

| <b>ANIONES</b>     |
|--------------------|
| <b>Bicarbonato</b> |
| <b>Cloruro</b>     |
| <b>Silice</b>      |
| <b>Fluoruro</b>    |
| <b>Nitrato</b>     |
| <b>Nitrito</b>     |
| <b>Sulfuro</b>     |
| <b>Borato</b>      |
| <b>Sulfato</b>     |

Las concentraciones iónicas varían desde una solución casi saturada en el Mar Muerto, hasta aguas de superficie conteniendo alrededor de 25 ppm de sólidos. Las aguas del océano poseen entre 3 y 3.5% ( 30,000 ppm) de sales. Las normas para aguas industriales son frecuentemente más rígidas que las del agua potable. Por lo regular los lechos de intercambio se aplican a aguas cuyo contenido iónico está debajo de 500 ppm. Entre más baja es la concentración iónica tanto menor será el costo por unidad de volumen de agua.

### CAPITULO III

#### 3. Desarrollo del proyecto.

##### 3.1 Especificaciones requeridas para el agua.

La planta desmineralizadora está basada en la siguiente composición del agua que va ser tratada:

|   |       |     |   |      |         |
|---|-------|-----|---|------|---------|
| Ca <sup>++</sup>                                  | 18.18 | ppm | = | 0.90 | meq / l |
| Mg <sup>++</sup>                                  | 18.00 | ppm | = | 1.53 | meq / l |
| Na <sup>+</sup> (calculada)                       | 18.40 | ppm | = | 2.77 | meq / l |
|   |       |     |   | 5.20 | meq / l |
| <b>CACIONES TOTALES</b>                           |       |     |   |      |         |
|   |       |     |   |      |         |
| Cl  | 14    | ppm | = | 0.39 | meq / l |
| SO <sub>4</sub>                                   | 14    | ppm | = | 0.27 | meq / l |
| HCO <sub>3</sub>                                  | 233   | ppm | = | 3.90 | meq / l |
|   |       |     |   | 4.56 | meq / l |
|   |       |     |   |      |         |
| SiO <sub>2</sub> Total                            | 74    | ppm |   |      | meq / l |
| la cual calculada como iconógeno SiO <sub>2</sub> | 38    | ppm | = | 0.64 | meq / l |
|   |       |     |   | 0.64 | meq / l |
| <b>ANIONES TOTALES</b>                            |       |     |   |      |         |
|   |       |     |   |      | meq / l |

Contenidos orgánicos (expresados en KMnO<sub>4</sub> – cons.) 10 p p m

##### 3.2 Descripción de la planta

① DOS BOMBAS TRANSPORTADORAS DE AGUA POTABLE. ( de las cuales una es de repuesto).

|                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| Capacidad          | : 4 m <sup>3</sup> / h         |
| Descarga de altura | : Aprox. 15 m. Arriba del agua |
| Producto           | : Sihi                         |
| Tipo               | : Da 3610 KKO                  |

Completas con todas las ventilas de aire fresco del motor eléctrico, sistemas de suministro 220 / 380 Volts, 50 ciclos, rpm 1450, HP 1½.

La bomba y motor en combinación con la platina o bancaza con el cople flexible.

Complete con una válvula cargada tipo check en la línea de descarga.

## ② DOS UNIDADES CATIONICAS H – IMAC C.14

En las que los cationes del efluente deberán cambiarse a H – ionice.

|  |   |   |   |          |
|--|---|---|---|----------|
| Dimensiones                                    | : | Diámetro  | : | 550 mm.  |
|  | : | Altura del cilindro   | : | 2000 mm. |
| Presión de funciones                           | : | 3 Kg / cm <sup>2</sup> máximo   |   |          |
| Presión de prueba                              | : | 5 Kg / cm <sup>2</sup>  | : |          |
| Capacidad de unidad                            | : | 4m <sup>3</sup> / h máximo y 50 m <sup>3</sup> periodo (entre dos regeneraciones) + la cantidad de agua H requerida para la regeneración de la unidad platina – mezcladora. |   |          |
| Material cambiable por unidad                  | : | 260 litros del fuerte ácido catión, cambia la resina del tipo IMAC C.14 de la estirina.   |   |          |
| Consumo de ácido por regeneración y por unidad | : | 78 Kg. De HCl sol. 30% (en un 8 – 10% de concentración)   |   |          |

## ③ DESGASIFICACIÓN 1

En el cual el CO<sub>2</sub> libre en el fluente ligeramente ácido de la unidad C.14 deberá ser reducido a un promedio de 5 ppm.

|  |   |                            |   |          |
|--|---|----------------------------|---|----------|
| Dimensiones                            | : | Diámetro                   | : | 480 mm.  |
|  | : | Altura del cilindro        | : | 4500 mm. |
| Capacidad                              | : | 4m <sup>3</sup> / h máximo |   |          |
| <u>Con un tanque flotador separado</u> | : | Diámetro                   | : | 500 mm.  |
| Dimensiones                            | : | Altura del cilindro        | : | 800 mm.  |

## ④ BOMBA ELEVADORA DE PRESIÓN (en las cuales una es de repuesto)

De una construcción especial a prueba de ácido (hierro colado recubierto de cerámica en el interior y en el impulsor).

|                    |   |                            |
|--------------------|---|----------------------------|
| Capacidad          | : | 4 m <sup>3</sup> / h       |
| Altura de Descarga | : | 22 – 25 m. Arriba del agua |
| Producto           | : | DSF                        |

Completas con el motor eléctrico, sistema de suministro 200 / 380 Volts, 50 ciclos, rpm 2850, HP 3.

Bomba y motor en combinación con la platina o bancaza con cople flexible.

⑤ UN TANQUE REGENERADOR PARA HCl

Para la regeneración de la resina catiónica, en las unidades catiónicas y en la unidad de lecho mezclado:

|             |   |                     |   |          |
|-------------|---|---------------------|---|----------|
| Dimensiones | : | Diámetro            | : | 800 mm.  |
|             | : | Altura del cilindro | : | 1530 mm. |

⑥ UNA BOMBA TRANSPORTADORA DE SOSA.

De construcción especial, a prueba de sosa, calor y con hierro colado, impulsor.

|                    |   |                      |
|--------------------|---|----------------------|
| Capacidad          | : | 1m <sup>3</sup> / h  |
| Descarga de altura | : | 14 m. Arribadle agua |
| Producto           | : | Sihi                 |
| Tipo               | : | Da 1210 KKO "b"      |

Completas con todas las ventilas de aire fresco del motor eléctrico, sistemas de suministro 220 / 380 Volts, 50 ciclos, rpm 1450, HP 1½.

La bomba y motor en combinación con la platina o bancaza con el cople flexible.

⑦ DOS BOMBAS TRANSPORTADORAS (una de las cuales es para repuesto)

Para el transporte de agua desmineralizadora del tanque de almacenaje a la fabrica.

### ③ PARTES DE REPUESTO

En adición a las cantidades del catiónico y aniónico necesarias en los aparatos que ya tenemos:

- a) 50 Litros de resina IMAC C.14
- b) 215 Litros de resina IRAC 401, así como también:
- c) Un medidor de cantidad de agua. Tubos de vidrio calibrado para los medidores de corriente o gasto
- d) Tres tubos de vidrio calibrado para los medidores de corriente o gasto
- e) Un ventilador con motor
- f) Una flecha recubierta de cerámica y su impulsor también recubierto de cerámica para las bombas elevadoras de presión
- g) Empaquetadura a prueba de ácido para las bombas elevadoras de presión
- h) Empaquetadura a prueba de sosa para las bombas transportadoras de sosa
- i) Dos grifos a prueba de ácidos (testcock)
- j) Un calibrador de presión a prueba de ácido
- k) Dos catalejos
- l) Dos anteojos plexiglass calibrados
- m) Dos calentadores eléctricos
- n) Veinte boquillas de manguera
- o) Seis divisiones de hule duro con uniones de hule para el sistema de desagüe en la unidad A de lecho mezclado.
- p) Las siguientes válvulas SAUNDERS:
  - ✓ Una válvula 1½" recubierta de hule.
  - ✓ Dos válvulas 1" recubiertas de hule.
  - ✓ Una válvula ¼ " de hierro colado.
  - ✓ Una válvula ½" recubierta de cristal.
- q) Los siguientes diafragmas SAUNDERS:

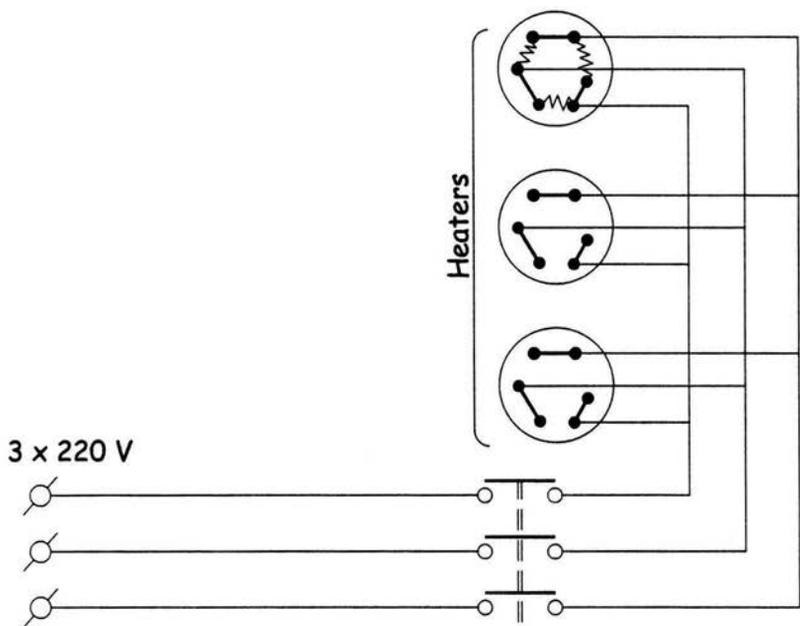
- ✓ Dos diafragmas para válvula de 1½"
  - ✓ Un diafragmas para válvula de 1¼ "
  - ✓ Seis diafragmas para válvula de 1"
  - ✓ Dos diafragmas de para válvula de ½"
- r) 2 y 2 Kg. De pintura (verde y Blanca)

### 3.3 Información técnica, para el montaje y arranque.

- 1) Como las unidades están recubiertas de hule en el interior, el montaje debe ser hecho muy cuidadosamente para prevenir cualquier daño al recubrimiento de hule.
- 2) Las unidades están para ser colocadas verticalmente con sus frentes alineados. Cuando se coloquen las interconexiones de las tuberías (empacadas separadamente) teniendo sumo cuidado en el alineamiento de las unidades. No debe forzarse estas tuberías en su lugar apropiado, porque esto puede causar grietas en los recubrimientos de hule.
- 3) Se aconseja las siguientes secuencias en el montaje:
  - a) Bombas impulsoras con sus tuberías.
  - b) Desgasificador y tanques flotantes.
  - c) Unidades C 12
  - d) Tanque regenerador de ácido.
  - e) Bombas de agua potable
  - f) Unidad de lecho mezclado
  - g) Tanque regenerador y bomba de sosa.
- 4) Antes de que las uniones de las líneas de agua sean ajustadas a las bombas de agua potable, esta línea debe ser lavada muy bien, para prevenir cualquier daño a las bombas y/o medidores de agua por alguna impureza, arena, alguna bolita de basura suelta, piezas pequeñas de alambre, de soldadura, etc.
- 5) La toberas del efluente bajo la unidad de lecho mezclado, están equipadas con una tubería de conexión para las celdas que registran la conductividad, la cual es suministrada por

ustedes mismos. No ajuste la celda antes de que haya sido lavadas las unidades y las tuberías.

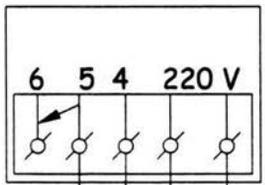
- 6) Antes de arrancar las bombas, saque los tubos de succión y recolóquelos después de haber lavado todas las líneas y unidades cuidadosamente.
- 7) Antes de arrancar las bombas los rodamientos tienen que engrasarse o aceitarse.
- 8) La conexión eléctrica de los calentadores y el switch controlador del nivel del tanque regenerador de sosa está mostrada en el dibujo adjunto (20.568/01)
- 9) Conectar el termómetro en el tanque regenerador de sosa con una alarma, para prevenir al operador cuando el líquido en el tanque se haya calentado a una temperatura máxima de 50°C (122° F)
- 10) La conexión eléctrica del switch flotador Mobrey, colocado en la cubierta del orificio (pasamano) debajo del desgasificador, es mostrada en el dibujo adjunto (20.568/02) Este switch flotador Mobrey tiene para parar la bomba impulsora cuando el nivel de agua en el desgasificador está muy bajo. Al mismo tiempo una alarma debe prevenir al operador.
- 11) Una instrucción detallada para la instalación y funcionamiento de las bombas impulsoras DSF están en los folletos adjuntos.
- 12) Es aconsejable combinar el control eléctrico de la bomba estando funcionando, se paren automáticamente al mismo tiempo, es decir:
  - 11) El switch flotador Mobrey del desgasificador y
  - 21) El medidor de conductividad de la línea del efluente de la unidad M. B. Normalmente estas bombas pueden ser arrancadas en una operación manual por el operador.
- 13) En el caso de reemplazo de nuevas toberas, en el falso fondo de una de las unidades:
  - a) Desaguar totalmente la unidad.
  - b) Sacar la resina de la unidad (por el orificio pasamano) almacenando la resina en un recipiente de plástico.
  - c) Quitar las tuberías de conexión del frente de la unidad.
  - d) Aflojar los pernos de las bridas debajo de la unidad.
  - e) Quitar la presión del casco o cubierta, elevándolo.



Heaters

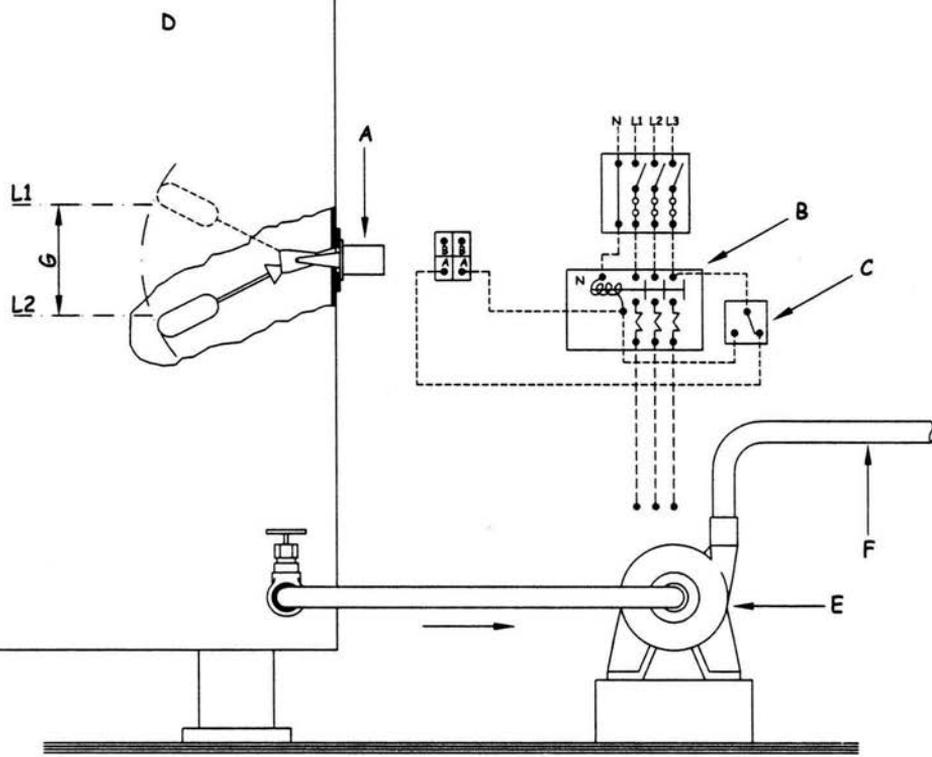
3 x 220 V

Switch Controlador de Nivel



220 V/50 Hz

Si se conecta como se muestra arriba los calentadores eléctricos, se encenderán cuando el líquido en el tanque de regeneración toque el electrodo sensor y se desconectará cuando se alcance el nivel más bajo de líquido.



|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| A  | SWITCH MAGNETICO DE NIVEL MOBREY   |
| B  | ARRANCADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA   |
| C  | SWITCH MANUAL                      |
| D  | TANQUE                             |
| E  | BOMBA DE MOTOR ELECTRICO           |
| F  | DESCARGA DE LA BOMBA               |
| G  | DIFERENCIAL DEL NIVEL DE OPERACION |
| L1 | NIVEL DE ENCENDIDO DE LA BOMBA     |
| L2 | NIVEL DE APAGADO DE LA BOMBA       |

INSTALACION TIPICA MOBREY

DIBUJO 20568

- f) Quitar el fondo falso.
  - g) Volviendo a poner la tobera nueva véase dibujo adjunto.
  - h) Colocar otra vez el fondo falso.
  - i) Colocar otra vez el casco o cubierta.
  - j) Ensamblar otra vez las conexiones de las tuberías del frente de la unidad.
  - k) Póngase la resina como se describió antes.
- 14) En los casos de que el sistema de desagüe en la unidad de lecho mezclado, pudiera dañarse, por los gránulos de resina que se presentan en el efluente de la unidad M.B. en la válvula M6. Entonces se necesitará una inspección y posiblemente una reparación:
- a) Desaguar totalmente la unidad.
  - b) Sacar las resinas de la unidad (por el orificio), almacenándola en un recipiente de plástico.
  - c) Quitar la conexión de tubería del frente de la unidad.
  - d) Afojar los pernos de las bridas de en medio de la unidad.
  - e) Quitar la presión de la parte superior de la cubierta, elevándola.
  - f) Inspeccionar el sistema de desagüe, en caso de que las divisiones de hule endurecido hubieran sido dañadas, replácelas por una nuevas. (si es necesario vea una de las divisiones (de las enviadas como partes de repuesto, para ver la medida requerida)
  - g) Coloque en la parte superior de la cubierta.
  - h) Ensamble otra vez las conexiones de las tuberías del frente de la unidad.
  - i) Ponga otras veces la resina, como se describió anteriormente.

#### **3.4 Instrucciones para el llenado de la unidad catiónica.**

- 1) Cierre todas las válvulas.
- 2) Quite la cubierta del orificio pasamano de la unidad.
- 3) Abra el orificio de inspección de la parte superior en la unidad.
- 4) Verifique las toberas de hule endurecido del falso fondo.

NOTA: No destornillar completamente las toberas de hule endurecido por que sus partes de abajo pueden caer entonces en el fondo a través del falso fondo y entonces es necesario que la unidad sea desmontada totalmente.

Se reponen las mangueras dañadas por unas nuevas (ver información técnica en 13)

5) Lavar la unidad, abriendo las válvulas W1, W2, K3 (K13) y K8 (K18) y arranque las bombas de agua potable. Después de 10 minutos pare las bombas y cierre las válvulas K3 (K13) y K8 (K18)

6) Inspeccionar la parte inferior de la unidad quitando cualquier partícula de polvo que no haya sido sacada por el desagüe durante el lavado.

7) Cerrar el orificio de pasamanos en la cubierta del filtro.

8) Arrancar la bomba y llenar la mitad de la unidad con agua, abriendo K3 (K13)

9) Vacíe por el orificio de inspección de arriba de la unidad cerca de 30 litros (el contenido de 3 cubetas) de la resina catiónica IMAC C.14 en la unidad.

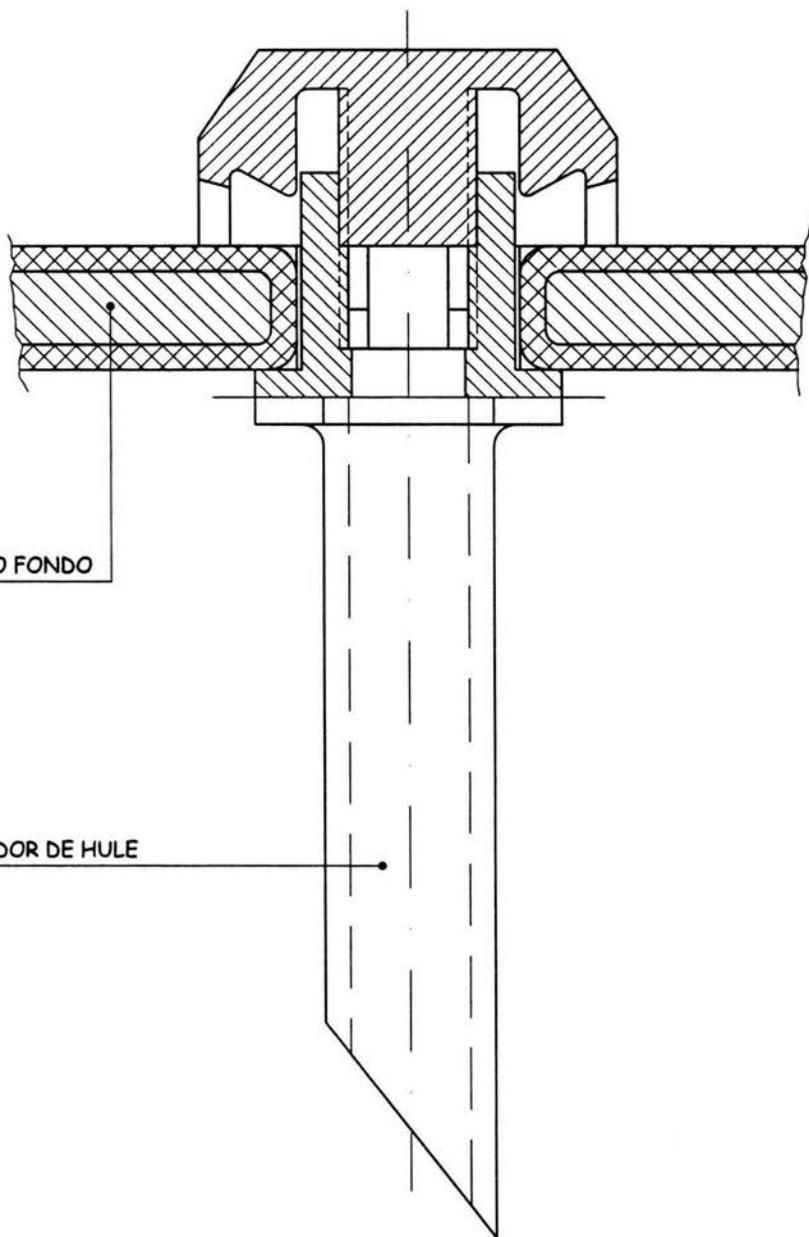
10) Abrir la válvula K8 (K18) y desaguar la unidad, verificar el efluente para ver si no han salido algunos granulados de resina catiónica. Excepto algún polvo de resina, pero ningún granulado debe escapar con el agua al sumidero, pues esto indicaría que una o más tuberías está dañada o no está colocada de manera correcta. En este caso la resina se tiene que sacar y se debe hacer con una cuidadosa inspección a la tobera.

11) Cuando ya ningún granulado de resina salga. Llenar otra vez la unidad con agua arrancando la bomba y abriendo la válvula K5 (K15). Cuando el nivel de agua haya subido hasta el vidrio de inspección de la unidad. Pare la bomba y cierre K5 (K15)

12) Vacíe en la unidad de resina IMAC C.14 hasta que la superficie de la resina está 10 centímetros abajo del vidrio de inspección.

NOTA: La resina se debe engrosar en el agua hasta el volumen requerido. Esto tomará aproximadamente una semana. Sin embargo, en caso que después de una semana de funcionamiento en el nivel superior de la resina y cuando la regeneración de acuerdo con las instrucciones detalladas, no sea visible en el vidrio de inspección, entonces se deberá poner más resina dentro de la unidad.

13) Cierre el orificio de inspección de la unidad.



FALSO FONDO

COLADOR DE HULE

INSTALACION DEL COLADOR DE HULE

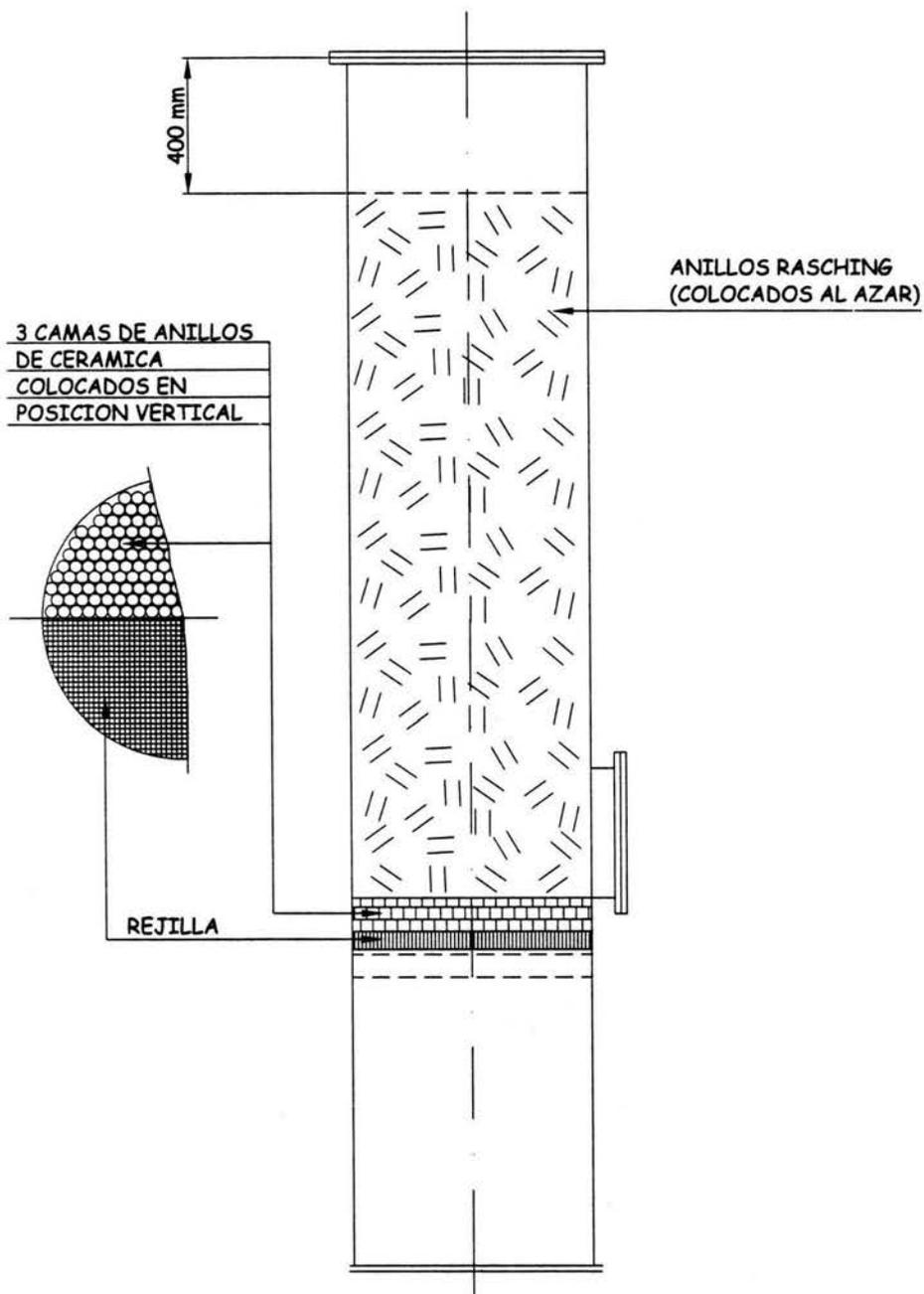
DIBUJO 20568

14) Ahora se hace el lavado contracorriente y se regenera la unidad de acuerdo con las instrucciones detalladas.

NOTA: Cuando la planta este empezando con la primera regeneración, esta debe efectuarse dos veces. El lavado a contracorriente de la resina, debe ser hecho muy intensamente para quitar polvo y/o impurezas de la resina.

### **3.5 Instrucciones para el llenado del desgasificador.**

- 1) Quite la tapa del desgasificador y el distribuidor de agua.
  - 2) Quite las cubiertas de los orificios (pasamanos) de arriba y abajo del escurridor del soporte del filtro.
  - 3) Verifique la posición correcta del escurridor a sus soportes.
  - 4) Introducir y colocar por el orificio pasamano tres niveles de anillos Raschig sobre la rejilla, acomodando esos anillos en posición vertical cerca uno del otro (ver esquema en la siguiente página)
  - 5) Se cierra el orificio (pasamanos) de arriba de la rejilla.
  - 6) Ya echo esto traer el resto de los anillos Raschig. Se debe tener un espacio desde la parte superior de la brida a los anillos Raschig a una altura de 400 mm.
- NOTA: No vacíe de golpe los anillos desde arriba. Llène el saco de estos anillos después de tener sujeta una cubeta en la parte que se acomodaron, aproximadamente de arriba del saco y una cuerda al fondo de él. Baje el saco con las cuerdas y vacíe el saco arriba de los anillos, ya presentes (en tres niveles) en el desgasificador, tirando de la cuerda del fondo del saco.
- 7) Después de haber colocado los anillos Raschig. Ajuste el distribuidor del agua (los agujeros en la tubería abajo), la tapa y el ventilador.
  - 8) Quite el fuste de la línea de succión del desgasificador a las bombas impulsoras.
  - 9) A continuación el desgasificador debe ser lavado por alrededor de una hora con agua a una razón de 4 m<sup>3</sup>/h.



DESGASIFICADOR (ESQUEMA DE LLENADO)

DIBUJO 20568

10) Se debe inspeccionar la parte de abajo del desgasificador a través del orificio pasa hombre de abajo y quitar cualquier partícula de polvo y/o piezas de anillos Raschig que hayan sido arrastradas al sumidero.

11) Ahora se cierra el orificio, pasa hombre inferior, poner el fuste y arrancar el ventilador.

12) Llene el desgasificador con agua, hasta que esta escape por las tuberías de desagüe del tanque flotador. (si en necesario mantenga el flotador abajo por algún tiempo) Si es necesario cambie el stop del flotador al vástago para que la válvula flotadora este cerrada cuando el nivel de agua en el tanque flotador esté justamente bajo la conexión del desagüe.

13) Abra la válvula P5 y lavé la línea de succión de las bombas impulsadoras por algunos minutos.

14) Luego, y no antes, las bombas impulsadoras pueden ser arrancadas.

### **3.6 Instrucciones para el llenado de la unidad de lecho mezclado.**

1) Cierre todas las válvulas.

2) Quite la cubierta del orificio pasamano de la cubierta del filtro.

3) Abra el agujero de inspección de la parte superior de la unidad.

4) Verifique las toberas de hule duro en el falso fondo.

NOTA: No hay que destornillar completamente las toberas de hule duro, porque la parte de debajo de ellas pueden caer al fondo y hay que desarmar completamente la unidad.

Reponga alguna tubera de hule duro si están dañadas, por una nuevas (vea información técnica, bajo 13).

5) Lavar la unidad, abriendo las válvulas W1, W2 K3, K7, C3, M3 y M12 y echar a andar una bomba de agua potable. Después de 10 minutos: para la bomba y cierre las válvulas M3 y M12.

6) Coloque la celda de conductividad en la tubería bajo la unidad.

7) Inspeccionar la parte interna de la unidad y quitar cualquier partícula de polvo que no haya sido llevada al sumidero.

8) Cierre el orificio pasamano en el casco del filtro.

9) Abra válvula M3 y llené la mitad de la unidad con agua. Luego cierre M3.

10) Vacíe a través del agujero de inspección de la parte superior de la unidad, cerca de 30 litros (el contenido de tres cubetas) de la resina catiónica IMAC C.14, dentro de la unidad.

11) Abra M12 y desague la unidad. Verifique que en el fluente no se hayan ido gránulos de resina. Excepto algún polvo de resina, pero ningún granulo debe escaparse por las toberas de hule duro. Cuando se salga gran cantidad del granulado de resina por el sumidero, esto quiere decir que una o algunas de las toberas de hule duro están dañadas o no han sido colocadas en la forma correcta. En este caso la resina catiónica debe ser sacada y, repetir una cuidadosa inspección en las boquillas de hule.

12) Si no se salen los gránulos de resina, entonces:

Habrá que llenar la unidad con agua, abriendo M3. Cuando el nivel de agua haya llegado a la mitad del vidrio de inspección en la unidad, se deberá cerrar M3.

13) Vacíe en la unidad tanta resina IMAC C.14 que llegue a la superficie de la resina exactamente bajo el vidrio de inspección.

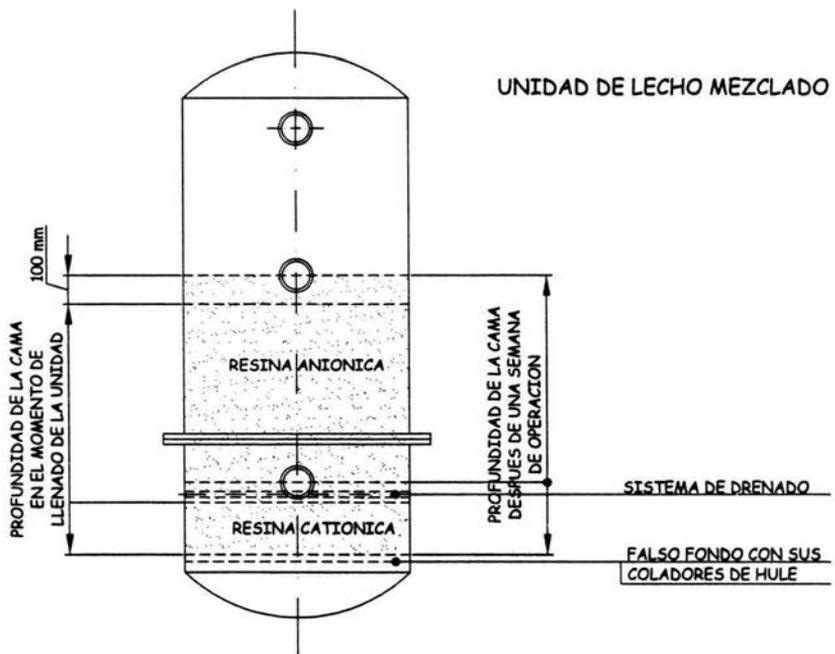
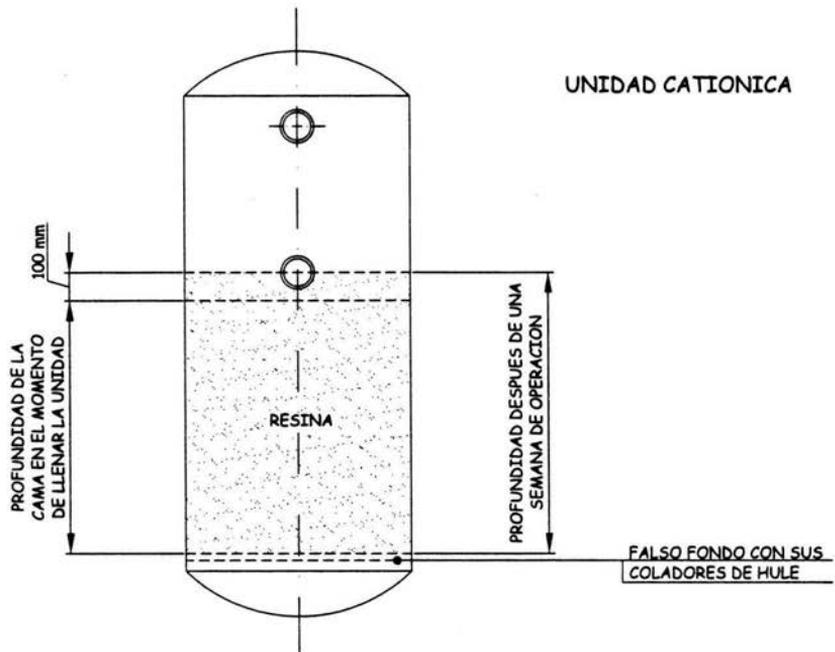
NOTA: La resina debe engrosar en el agua al volumen requerido. Esto tomará casi una semana. Sin embargo, en caso de que en este tiempo no sea visible, la resina catiónica coloreada de café, en el centro del vidrio de inspección, después de haber separado las resinas de acuerdo con las instrucciones detalladas, se debe suministrar más resina catiónica en la unidad.

14) Cierre el orificio de inspección de la parte superior de la unidad.

15) Para después hacer un retrolavado de la resina catiónica tan intensamente como sea posible, abriendo M7 completamente y M1 hasta que ningún gránulo de resina se salgan, sino posibles impurezas y polvo de resina hayan sido sacados (vea instrucciones detalladas) Cuando el efluente que se escapa de M1 sea prácticamente claro e incoloro. Cierre M7 y quitar la tapa del orificio de inspección de la parte superior.

16) Desague la unidad, abriendo M12, cuando el nivel de agua es visible en el vidrio de inspección medio. Cerrando M12.

17) Ahora vacíe dentro de la unidad, la resina Amberlite IRA 401, resina aniónica hasta que la superficie de la resina está abajo 10 centímetros del vidrio medio de inspección.



ESQUEMA DEL LLENADO DE RESINA

DIBUJO 20568

NOTA: esta resina debe engrosar también. Después de una semana de funcionamiento el nivel superior de la resina aniónica debe verse en el centro del vidrio medio de inspección. De no ser así se debe poner más resina aniónica en la unidad.

18) Se cierra el orificio de inspección de la parte superior de la unidad.

19) Posteriormente limpie el tanque regenerador de sosa como a continuación se describe, que debe ser hecho.

20) Enjuague el regenerador de la unidad de acuerdo con las instrucciones detalladas.

NOTA: Cuando la planta arranca por primera vez, la regeneración debe ejecutarse dos veces.

### **3.7 Limpieza del tanque regenerador.**

1) Este tanque ha sido tratado en el interior con aceites de linaza, el cual debe ser quitado antes de que se use este tanque, para la regeneración de la unidad de lecho mezclado.

2) Llenar el tanque de agua hasta un nivel por abajo del desagüe, operando las válvulas M3, M4 y M2.

3) Vacíe cuidadosamente dentro del tanque 10 Kg. de NaOH.

4) Cerrando M4.

5) Abra L3, L1 y M2 y arrancar la bomba de sosa.

6) Caliente el líquido a la temperatura de ebullición.

7) Para después de haber recirculado la sosa caliente cerca de 15 minutos.

8) Se para la bomba de sosa y se cierra L3, L1 y M2.

9) Se abre L4 y desaguar el tanque de sosa.

10) Lave el tanque con agua.

NOTA: En caso de que el interior del tanque no esté limpio en la forma apropiada, se debe repetir los pasos ya mencionados anteriormente en la parte superior.

### **3.8 Observaciones generales.**

Debe dársele especial atención a las siguientes observaciones:

1) El agua que va a tratar debe estar clara y libre de impurezas. Su temperatura no debe de exceder de 25° C.

2) La instalación debe ser con tubería recubierta de hule en el interior, lo que quiere decir que ninguna soldadura debe ser hecha a los tanques o tuberías.

3) Cualquier trabajo que haya necesidad de hacer dentro del tanque, debe hacerse muy cuidadosamente, para prevenir cualquier daño en el recubrimiento de hule.

4) Solo pueden tomarse muestras de agua cuando la planta ha estado trabajando por lo menos durante 5 minutos.

5) Una especial atención debe ser tomada, para que las resinas siempre estén bajo un nivel líquido.

En caso de que la unidad haya sido desaguada completamente, la unidad debe ser llenada otra vez muy cuidadosamente con flujos de agua hacia arriba, durante una supervisión sin interrupción del operador.

Las resinas de lecho mezclado entonces deben ser mezcladas con aire otra vez.

6) Regular la corriente de fluido de la planta con la última válvula, a través de la cual el líquido abandona la planta o durante la regeneración cuando sale de cualquier unidad al sumidero.

7) Los productos químicos que se utilizan para la regeneración deben ser de una calidad normal. Sin embargo deben estar claros y libres de impurezas insolubles.

8) La capacidad mínima de cambio de la resina catiónica C.14 debe ser de 1.1 eq./ l (C.14) Por lo que cada unidad C.14 debe tener un mínimo de capacidad de intercambio de 260 x 1.1 eq/ periodo (entre 2 regeneraciones) Cuando se divide 286 por la cifra p-negativa del efluente de la unidad C.14 (prueba tomada del grifo entre válvula K5 y K6 o K15 y K16) de un modo fácil, el periodo de capacidad en m<sup>3</sup> será determinado como sigue:

|                     |   |     |                      |     |   |   |   |    |                |
|---------------------|---|-----|----------------------|-----|---|---|---|----|----------------|
| Figura negativa "p" | = | 3.0 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 3 | = | 95 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 4.0 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 4 | = | 71 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 5.0 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 5 | = | 57 | m <sup>3</sup> |

|                     |   |     |                      |     |   |     |   |    |                |
|---------------------|---|-----|----------------------|-----|---|-----|---|----|----------------|
| Figura negativa "p" | = | 5.2 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 5.2 | = | 55 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 6.0 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 6   | = | 48 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 7.0 | Periodo de capacidad | 286 | ÷ | 7   | = | 41 | m <sup>3</sup> |

NOTA: En caso de posibles variaciones en la composición de agua que va a ser tratada resultando una variación igual a la capacidad de intercambio de las unidades catiónicas es aconsejable verificar las cifras p-negativas en el efluente de las unidades catiónicas antes del desgasificador periódicamente, por ejemplo: cada mes.

9) La mínima capacidad de intercambio de las resinas aniónicas, IRA 401 debe ser: de 0.5 eq/1 (IRA 401) Así la unidad de lecho mezclado debe tener un mínimo de capacidad de intercambio de:

$250 \times 0.5 = 108$  eq/ periodo (entre dos regeneraciones)

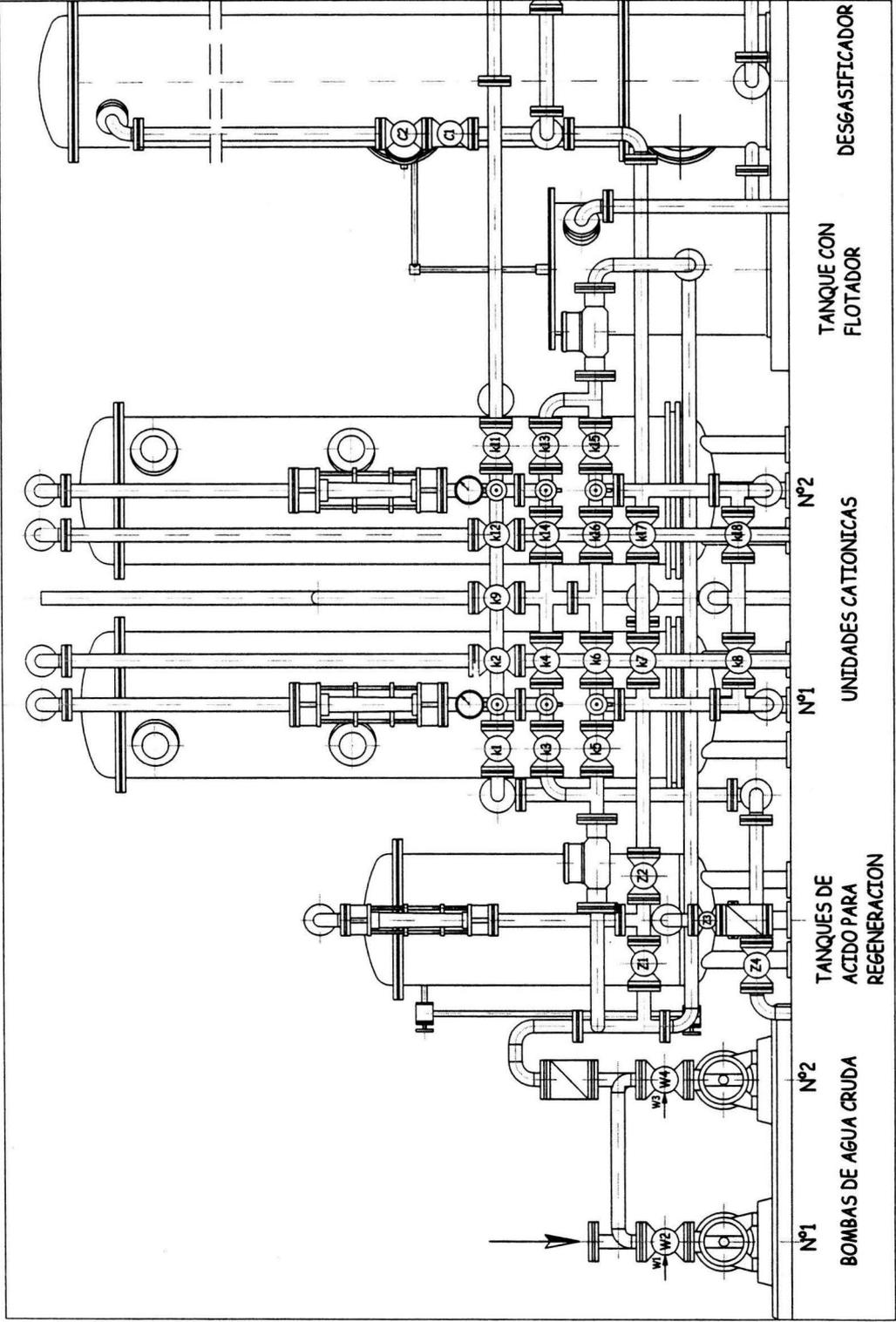
Cuando se dividen 108 entre 1.25 (para un total de SiO<sub>2</sub>- contenido) + la cifra p-negativa en lo que fluye hacia dentro de la unidad de lecho mezclado (Muestra tomada del grifo entre válvulas M3 y

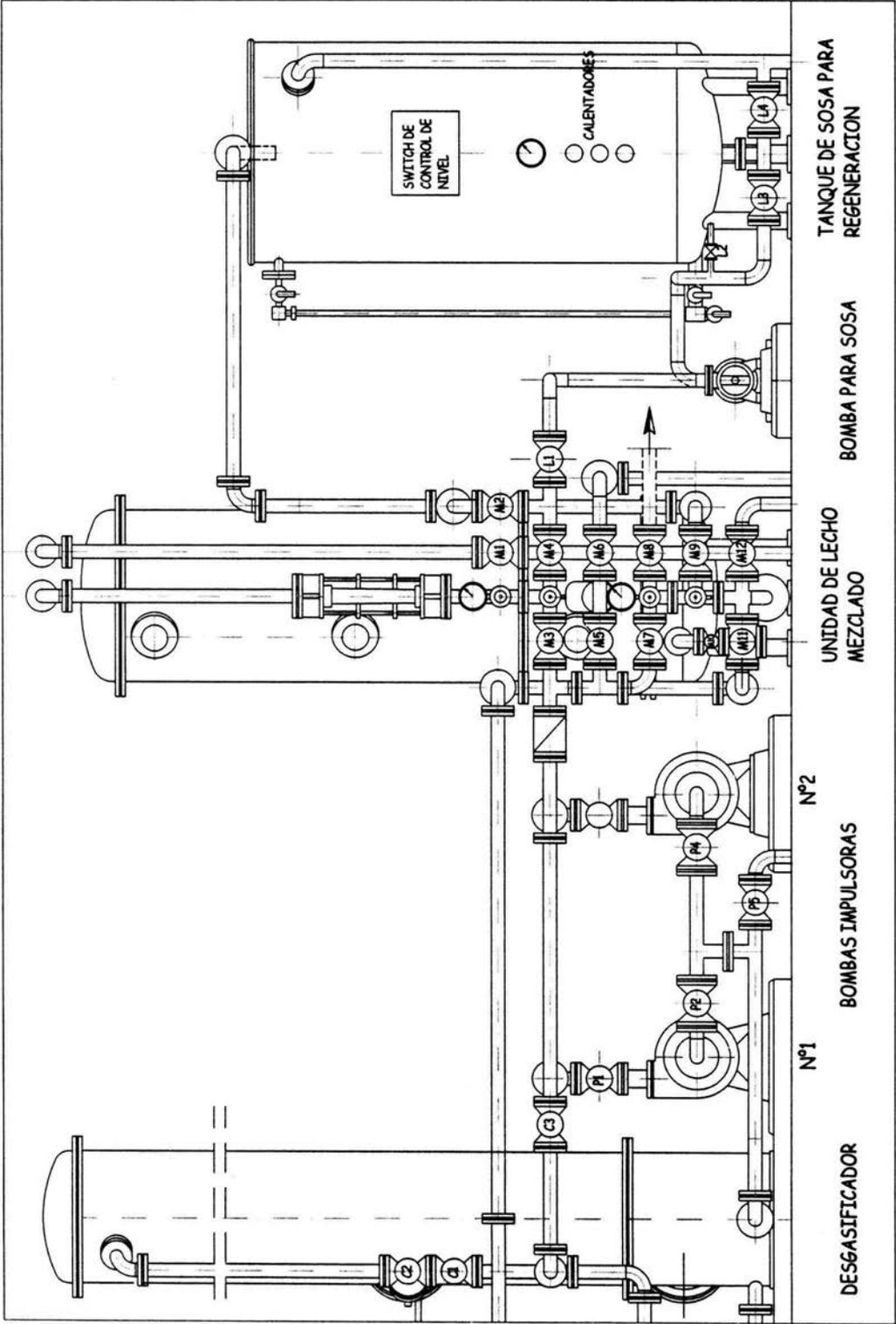
M4) Se debe determinar el periodo de capacidad en m<sup>3</sup> de la siguiente manera:

|                     |   |     |                      |     |   |           |   |    |                |
|---------------------|---|-----|----------------------|-----|---|-----------|---|----|----------------|
| Figura negativa "p" | = | 0.7 | Periodo de capacidad | 108 | ÷ | 1.23+0.70 | = | 95 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 0.8 | Periodo de capacidad | 108 | ÷ | 1.23+0.80 | = | 71 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 0.9 | Periodo de capacidad | 108 | ÷ | 1.23+0.90 | = | 57 | m <sup>3</sup> |
| Figura negativa "p" | = | 1.0 | Periodo de capacidad | 108 | ÷ | 1.23+1.00 | = | 55 | m <sup>3</sup> |

NOTA: En caso de posibles variaciones en la composición de agua que va a ser tratada, resultando una variación igual a la capacidad de intercambio de la unidad (MB), de lecho mezclado es aconsejable verificar las cifras p-negativas en lo que fluye hacia dentro de la unidad (MB), después del desgasificador periódicamente: cada mes.

10)La resina catiónica IMAC C.14 es completamente ácido-sosa y a prueba de calor. La resina aniónica IRA 401 es completamente ácida y aprueba de sosa, también de calor en la forma Cloro





Cl. La máxima temperatura de la sosa para la regeneración de la resina aniónica en la unidad (MB) lecho mezclado no debe exceder de 50° C (122°F).

En caso de dificultades especiales, póngase en contacto con el fabricante: DUPER WATER CONDITIONING CY ÁMSTERDAM – HOLANDA.

### **3.9 Instrucciones de funcionamiento**

#### **IMAC C.14 – UNIDADES CATIONICAS**

1) Estas unidades están diseñadas para ser conectadas en serie. El agua pasa primero por la unidad N° 1 en donde deberá ser descationizada (librarla de  $C^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , y  $Na^+$ ) De este "primer tratamiento" (primera etapa de tratamiento) el agua pasa a la Unidad – Cation N° 2, en donde cualquier fuga de cationes de la primera unidad deberá ser quitado totalmente.

2) Cuando la unidad N° 1 se agote, la Unidad N° 2 deberá funcionar como la primera unidad y hará el trabajo solo durante el tiempo de regeneración de la unidad N°1.

3) Una vez regenerada la Unidad N° 1, esta unidad será usada como la segunda unidad. De tal manera que la unidad recién regenerada, siempre se usará como Unidad N° 2.

NOTA: En seguida se describen los pasos a seguir para la regeneración de la Unidad N° 1.

Cuando la Unidad N° 2 deba ser regenerada lea:

Válvula K 11 en lugar de K 1

Válvula K 12 es en lugar de K 2, etc.

Válvula K 9 es usada para ambas unidades

#### **3.9.1 Operación de agotamiento de la resina**

Cuando la máquina esta en la operación de agotamiento: bomba N° 1 de agua potable, bomba N° 1 elevadora de potencia y el ventilador en el desgasificador, están funcionando iónicamente las siguientes válvulas están abiertas:

a) Cuando la unidad catiónica N° 1 es operada como unidad N° 1 deberán estar abiertas completamente las válvulas W1, W2, K3, K6, K14, K17, P2, P1, M3; y C1 y M8 se abrirán hasta el gasto requerido (máximo 4 m<sup>3</sup>/h)

b) Cuando la unidad catiónica N° 2 es operada como unidad N° 1 deberán estar abiertas completamente las válvulas W1, W2, K13, K16, K4, K7, P2, P1, M3; y C1 y M8 se abrirán hasta el gasto requerido (máximo 4 m<sup>3</sup>/h)

Después de haber tenido el tratamiento aproximadamente 45m<sup>3</sup> verificar la cifra negativa - m – en el efluente de la primera unidad repitiéndolo cada 5 m<sup>3</sup>, además del abastecimiento de agua.

Cuando la cifra negativa - m – en el efluente de la primera unidad ha sido reducida a un valor de 0.3 aproximadamente:

Cierre : K3, K6 y K14.

Abra: K13.

Desde ahora la unidad N° 2 estará operándose como la primera unidad del sistema.

### 3.9.2 Lavado a contracorriente

Abra : K5 completamente y K2 hasta donde sea posible, para que las impurezas y polvo de resina puedan ser arrastrados por el agua. Pero teniendo cuidado que el granulado de resina no se escape.

NOTA: Lave tan aprisa que la resina este completamente en suspensión y la superficie de la resina sé este moviendo (con un movimiento ondulatorio) en el centro del cristal de inspección superior de la unidad.

El lavado debe ser continuo hasta que el agua que sale por la válvula K2 al sumidero sea bastante clara y libre de impurezas insolubles, pero por lo menos 10 minutos.

El polvo de resina permanece por unos minutos en suspensión en una muestra tomada del efluente de lavado; el granulado de resina rápidamente se precipita hacia el fondo del vaso donde se tomo la muestra.

Si el volumen de resina se dirige hacia arriba en una columna compacta durante el lavado:

Cierre : K5

Abra : K8 y desagüe la unidad.

Cuando el nivel de agua ha bajado algunos centímetros de la superficie de la resina:

Cierre : K8 e inicie el lavado otra vez.

Cuando el efluente es prácticamente claro e incoloro:

Cierre : K5

### **3.9.3 Preparación del tanque regenerador a base de ácido**

Lo necesario es 78 Kg de HCl al 30% = 68 litros.

El cuidado con los ojos es importante ya que es obligatorio usar las gafas protectoras.

Cierre : Z1, Z2 y Z3

Abra : Z4 y el orificio de llenado en la parte de arriba del tanque.

Cuando el nivel de agua en el indicador de nivel este dos centímetros arriba de la conexión inferior:

Cierre : Z4

Vacíe ahora los 78 Kg = 68 litros de HCl al 30% dentro del tanque.

68 litros = 40 centímetros de altura en el nivel del indicador del nivel.

Abra : K11 y llene el tanque regenerador de ácido hasta que el nivel del líquido haya llegado a las bridas de la parte superior del tanque, luego:

Cierre : K11

Abra : la válvula de aire a presión Z3 muy cuidadosamente hasta que el aire este burbujeando en el seno del líquido y se esté mezclando el agua y el ácido. Después de aproximadamente 5 minutos:

Cierre : Z3

Abra : Z1 cuidadosamente un poco, y cuando el nivel del líquido ha llegado a la parte alta del agujero de llenado de la tapa del tanque:

Cierre : Z1 y el agujero de llenado con su brida ciega.

Mientras tanto la resina de la unidad catiónica C 14 deberá estar completamente sedimentada.

### **3.10 Proceso de regeneración de resinas**

#### **3.10.1 Drenado**

##### DRENADO:

Abra : K8

Cuando el nivel de agua esté a solamente unos cuantos centímetros arriba de la superficie de la resina:

Cierre : K8

#### **3.10.2 Regeneración de la unidad catiónica**

##### REGENERACIÓN:

Abra : K6 y K9 completamente.

Abra : K1 completamente y Z1 y K3 hasta que el medidor de flujo muestre una medida 260 litros /h. En el tanque de regeneración y 400 litros/h en la unidad catiónica C 14.

Cuando la unidad catiónica esté totalmente llena con HCl y el líquido se esté escapando a través de K2:

Cierre : K2 y regular K3 y Z1 a los rangos de flujo arriba indicados.

Después de 40 minutos:

Cierre : Z1, K1 y K3.

Abra : K2

Cuando la unidad catiónica C 14 es drenada otra vez y el líquido haya bajado a un nivel de unos cuantos centímetros arriba de la superficie de la resina y que ningún líquido este escapando por el cuello de ganso en K9.

Abra : K3 hasta que el medidor de flujo muestre un flujo de  $1\text{m}^3/\text{h}$  Cuando el agua sé esta escapando por K2:

Cierre : K3

### 3.10.3 Drenado

#### DRENADO:

Cuando la unidad catiónica C14 este drenando otra vez y que ningún líquido este escapando por el cuello de ganso en K9, se procede al siguiente paso.

### 3.10.4 Enjuague 1

Abra : K3 hasta que el medidor de flujo marque  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ . Cuando el agua este saliendo por K2.

Cierre : K2.

Abra : K3 completamente y regular K6 hasta que el medidor de flujo  $3 \text{ m}^3/\text{h}$

Después de 15 minutos:

Abra : K6 a un flujo de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  verifique la cifra – m – negativa en el efluente de la unidad C 14 en K9. Cuando la cifra – m – negativa es reducida aproximadamente 1.5

Cierre : K6, K9 y K3.

### 3.10.5 Lavado corto a contracorriente

Abra : K5 completamente

K2 hasta que la resina este completamente en suspensión y la superficie de la resina esté moviendo (con un movimiento ondulado) en el centro del vidrio de inspección de la parte superior de la unidad. Después de unos minutos:

Cierre : K5 y K2.

No antes de que la resina este completamente asentada (después de 5 minutos aproximadamente)

### **3.10.6 Enjuague 2**

Abra : K3 completamente.

K8 hasta que el medidor de flujo muestre 2 m<sup>3</sup>/h Después de 10 minutos. Verifique la cifra – m – negativa en el efluente de la unidad catiónica C 14. Cuando la cifra – m – negativa se reduzca aproximadamente a 1.

Cierre : K3 y K8

### **3.10.7 En operación otra vez el sistema**

Esta unidad recién regenerada será puesta en operación, como segunda unidad en el sistema.

Cierre : K17

Abra : K16, K4 y K7

### **3.11 Desgasificador y Bombas elevadoras de presión**

Ponga en operación el ventilador.

Cierre : C3 y P5

Abra : C1 hasta que los medidores de las unidades C 12 muestre una medida de 5 m<sup>3</sup>/h máximo.

No antes de que la válvula flotadora de C 2 sea cerrada por el nivel de agua montado en el tanque flotador:

Abra : P2, P1, M3 y M1

Ahora ponga en operación la bomba elevadora de presión N° 1.

NOTA: Será preferible intercambiar el funcionamiento de estas bombas cada mes.

### **3.12 Unidad de lecho mezclado**

Esta unidad removerá todos los aniones, así como también el  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{CO}_2$  del agua descationizada y desgasificada. Su capacidad de cambio será cuando menos de  $50 \text{ m}^3$  entre dos regeneraciones.

Al final de la operación de agotamiento el  $\text{SiO}_2$  deberá salir primero, luego el  $\text{CO}_2$  y después el  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{SO}_4$ ; si el  $\text{SiO}_2$  no tiene influencia o apenas influencia la conductividad del desmineralizado y el agua libre de  $\text{SiO}_2$  de la unidad le lecho mezclado, es prácticamente imposible determinar el final de la operación de agotamiento por medio de un indicador de conductividad.

Luego entonces será necesario: Ya sea regenerar la unidad del lecho mezclado cada vez después de haber hecho la descationización a  $50 \text{ m}^3$  de agua.

O verificar el contenido de  $\text{SiO}_2$  en el efluente de la unidad de lecho mezclado después de haber tratado  $45 \text{ m}^3$  de agua, repetir esto cada  $50 \text{ m}^3$  de suministro de agua y regenerar en el momento de una inaceptable cantidad de  $\text{SiO}_2$  a la salida.

#### **3.12.1 Operación de agotamiento de la resina**

Abra : M3 completamente.

M8 hasta que el medidor mida  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  máximo.

Después de haber terminado

Cierre : M8 y P1; pare la bomba elevadora de presión.

Abra : C3

#### **3.12.2 Preparación del tanque regenerador de sosa**

Se necesitan 62 litros de NaOH al 33% en solución

NOTA: El cuidado de los ojos es importante, por tal motivo se recomienda el uso de las gafas de seguridad.

Abra : M2 y M4; y llene el tanque con agua. Cuando el nivel sea de 1.1 m arriba de la unión inferior del indicador de nivel.

Cierre : M4.

Conecte los calentadores eléctricos para que el líquido en el tanque se caliente. Ponga un tubo de plástico a L2 dentro del recipiente con NaOH en solución al 33%.

Abra : L2 y L1

Encienda la bomba transportadora de sosa. Cuando el nivel en el indicador ha alcanzado 12.5 cm:

Cierre : L2

Abra : L3

Quite el tubo de plástico del recipiente (si se desea) Cuando la sosa este caliente a 50° C (122°

F) Máximo. Apague los calentadores y parar la bomba transportadora de sosa.

Cerrar : M2, L1 y L3

### **3.12.3 Lavado a contracorriente**

Para separar las resinas mezcladas.

Cierre : M3

Abra : M5 completamente y M1 hasta que las resinas estén completamente en suspensión y se vean en la parte superior del vidrio de inspección y la superficie de la resina se este moviendo (con un movimiento ondulatorio) en el centro del vidrio de inspección.

Luego:

Abra : M7

Después de 3 minutos.

Cierre : M5 lentamente.

NOTA: Enjuague tantas veces como sea posible has que las impurezas y polvo de resina sean eliminados. Sin embargo tenga cuidado que los gránulos de resina no sea eliminado.

El enjuague debe ser continuo hasta que el agua que este saliendo por la válvula M1 al sumidero este bastante clara y sin impurezas insolubles, por lo menos 5 minutos.

El polvo de resina permanece en suspensión en una muestra tomada a la salida del enjuague por unos minutos; los gránulos de resina se precipitan rápidamente al fondo del vaso donde se tomo la muestra.

Si el volumen de resina se va hacia arriba en una columna compacta durante el retrolavado:

Detenga el retrolavado

Drene el nivel de agua hasta unos centímetros arriba de la superficie de la resina y comience otra vez el retrolavado.

Cuando el efluente del retrolavado este prácticamente claro e in coloro:

Cierre : M7 lentamente

Espere hasta que las resinas estén completamente sedimentadas.

En caso de que no haya sido una correcta separación la de las resinas, como se puede observar en el vidrio de inspección, repita el retrolavado y la sedimentación como se especifico antes.

Al término de los pasos antes ya mencionados.

Cierre : M1

#### **3.12.4 Regeneración con sosa de la resina Aniónica del lecho mezclado MB**

Abra : L3, L1 y M6 completamente.

Encienda la bomba transportadora de sosa.

Abra : M4 hasta que el medidor de flujo en la unidad MB indique 700 l / h.

Después de aproximadamente 1 hora el tanque de regeneración de sosa deberá estar vacío.

Cuando el aire este burbujeando en el medidor de flujo de la unidad MB.

Cierre : M4, L1 y L3

Pare la bomba transportadora de sosa.

### **3.12.5 Enjuague de las resinas separadas del lecho mezclado MB**

Abra : M3 y regule M3, M7 y M6 hasta que el medidor de flujo muestre un valor de  $1.4 \text{ m}^3 / \text{h}$  en las unidades C14 y  $0.7 \text{ m}^3 / \text{h}$  en la unidad MB (lecho mezclado)

Después de 15 minutos.

Abra : M3, M7 y M6 hasta que el medidor de flujo muestre  $3 \text{ m}^3 / \text{h}$  en las unidades catiónicas C14 y  $1.8 \text{ m}^3 / \text{h}$  en la unidad MB (lecho mezclado)

### **3.12.6 Preparación del tanque regenerador de ácido**

Se necesitan 20 Kg. de HCl al 30% (18 litros)

NOTA: El cuidado de los ojos es importante, por tal motivo se recomienda el uso de las gafas de seguridad.

Cierre : Z1, Z2 y Z3

Abra : Z4 y la brida ciega por donde se llena el tanque, cuando el nivel de agua en el medidor de nivel este 2 cm. arriba de la conexión inferior del medidor:

Cierre : Z4

Ahora traer 20 Kg. = 18 litros de HCl al 30% y vaciarlos en el tanque.

18 litros = 11 cm de altura en el medidor de nivel

Abra : Z2

Cuando el nivel de agua haya subido en el medidor 60 cm arriba de la conexión inferior.

Cierre : Z2

Abra : Cuidadosamente la válvula de aire a presión Z3 para que el aire este burbujeando en el líquido y se ha mezclado correctamente el ácido y el agua.

Después de aproximadamente 5 minutos:

Cierre : Z3

Abra : Z2 un poco y cuidadosamente hasta que el líquido haya alcanzado el nivel de la brida ciega a la entrada del tanque:

Cierre : Z2 y coloque la brida ciega.

Enjuague : (Continua)

Verifique la cifra positiva –p- en el efluente de la unidad de lecho mezclado en M6.

Cuando la cifra positiva –p- se reduce aproximadamente a 2:

### **3.12.7 Regeneración con ácido de la resina catiónica del lecho mezclado MB**

Abra : Z2

Cierre : M7

Abra : M11 hasta que el indicador de flujo de la unidad de lecho mezclado MB marque 500 l/h.

Después de 30 minutos:

Verifique : La figura negativa -m- en el efluente de la unidad de lecho mezclado MB abriendo M6.

Cuando la figura negativa –m- es reducida a un valor aproximado de 1:

Cierre : Z2, M11, M6 y C3.

### **3.12.8 Enjuague de las resinas separadas de la unidad del lecho mezclado MB**

Abra : P1

Encienda la bomba elevadora de presión.

Abra : M3 completamente y M12 hasta que el indicador de flujo muestre en la unidad de lecho mezclado MB  $3\text{m}^3/\text{h}$

Verifique : La proporción que hay de  $\text{Cl}^-$  en el efluente de la unidad del lecho mezclado MB en M12.

Cuando el efluente este prácticamente libre de  $\text{Cl}^-$ :

Cierre : M3

Pare : La bomba elevadora de presión.

Desagüe : de la unidad de lecho mezclado MB

Abra : M1 y cuando el nivel de agua haya bajado algunos centímetros de la superficie de la resina.

Cierre : M12.

### **3.12.9 Mezcla de las resinas del lecho mezclado MB**

Encienda la bomba elevadora de presión.

Abra : M5 poco para que se separen las resinas.

Después de medio minuto:

Abra : M7

Cierre : M5 lentamente

Abra : La válvula de aire a presión M10 cuidadosamente hasta que el aire este burbujeando, con bastante intensidad en las resinas y obtener un buen mezclado.

Cierre : M7 y pare la bomba elevadora de presión.

Abra : M6

Después de 2 a 5 minutos las resinas estarán mezcladas.

Cierre : M10

Abra : M12

Cuando el nivel de agua haya bajado algunos centímetros debajo de la superficie de las resinas:

Cierre : M12 y M6

La parte superior de las resinas se habrán separado ligeramente otra vez.

Abra : La válvula de aire M10.

Después de 15 segundos:

Cierre : M10 y drene la unidad a través de M12 hasta un nivel de agua de aproximadamente 1 centímetro arriba de la superficie de la resina.

### **3.12.10 Llenado de la unidad de lecho mezclado MB con agua**

Encienda la bomba elevadora de presión.

Abra : M3 muy cuidadosamente y solamente un poco para que no se deshaga la mezcla de las resinas.

Cuando el nivel de agua este aproximadamente 20 centímetros arriba de la superficie de la resina:

Abra : M3 hasta  $3\text{m}^3/\text{h}$

Abra : M12 una vuelta.

### **3.12.11 Último enjuague**

Cuando el agua sé este saliendo por M1:

Cierre : M1

Abra : M8 completamente y M12 hasta  $3\text{m}^3/\text{h}$

Cuando la conductividad se reduce aproximadamente a  $0.5\text{ mho}\cdot\text{cm}^{-1}$  (igual a cuando la resistencia específica se incrementa a  $2\text{ Mega}\cdot\text{ohm}/\text{cm}$

Cierre : M12

### **3.13 En funcionamiento otra vez**

Abra : M8 al flujo deseado.

## CAPITULO IV

### 4. Experiencias y recomendaciones.

1) Dado que el diseño del proceso no es automatizado es necesario obtener una persona, a la que se haya preparado, a cargo de la planta desmineralizadora. Ya que se han generado demasiados problemas cuando más de una persona interviene en la operación de la planta, (mueve controles, ajusta gastos, verifica conductividades, etc.) Si se trabaja más de un turno, debe existir un operario a cargo de la planta en cada turno, obviamente con una buena intercomunicación entre ellos al entregar y recibir el turno.

2) En caso de que llegue a presentarse un problema no contemplado en su descripción de puesto, por ningún motivo deberán tratar de resolverlo por si mismos, deben de comunicar de inmediato lo que pasa al jefe de turno, quien tomará el problema bajo su cargo.

3) Para la regeneración de resinas se deben hacer las preparaciones de las soluciones correspondientes respetando las especificaciones marcadas en el manual y si por cualquier causa son alteradas, no se debe tratar de ajustarlas sino avisar al jefe inmediato superior, quien indicará lo que procede de otra forma, se pueden provocar trastornos muy costosos en tiempo y dinero.

4) Se debe planear bien la regeneración de resinas en cuanto a tiempo puesto que es impropio interrumpirlas por unas horas o dejar a medias la regeneración para continuarla otro día; pues se pierde eficiencia en la regeneración y provoca contaminación del medio al tener soluciones y reactivos sin ser usados.

5) Se deben respetar y cumplir las normas de trabajo en esta área que marca la Comisión Mixta de Higiene y Seguridad Industrial. Por ejemplo es importante y obligatorio que el operador que va efectuar la regeneración, vista la ropa y use el equipo necesario que indica el manual para evitar accidentes que causen problemas irreparables.

6) Es necesario respetar las temperaturas que marcan las normas de trabajo para las soluciones y reactivos que van a usarse, sino no se tendrá la eficiencia requerida y bajara fuertemente el tiempo de vida útil de las resinas entre una regeneración y otra, generando problemas económicos.

7) Como el agua que se obtiene al final del proceso debe ser de una calidad tal que cumpla las especificaciones del proceso, el operario deberá verificar tal calidad cada hora tomando muestras en el efluente de salida final del proceso y anotando los valores en cada caso en una bitácora, cuando están dentro de especificaciones. De lo contrario a visar al jefe superior.

8) Entre regeneración y regeneración, aprovechando que todos los equipos tienen su unidad de relevo, se deben llevar un buen control del mantenimiento preventivo de ellos sobre todo los de mayor uso: válvulas, manuales de válvulas, diafragmas de válvulas, cajas de estoperos de las bombas, controlando al máximo sus fugas; revisión de coples, baleros y rodamientos; lubricación de las partes en movimiento para evitar al máximo la fricción y desgaste prematuro, todo esto optimiza la operación reduciendo costos.

## CAPITULO V

### 5. Consideraciones económicas y de diseño

CAPACIDAD PRIMARIA.- Es la cantidad total de iones que pueden ser intercambiados por una resina; es una propiedad de equilibrio que depende de la composición de la solución e independientemente de otros factores. Es igual al contenido de grupos químicos conectados a la estructura polimérica. Esta capacidad se mide colocando un pequeño volumen de resina en un tubo, regenerando la resina, haciendo fluir un reactivo a través del lecho hasta agotar la resina y analizando el efluente.

La "capacidad limite" es la aptitud de la resina para adsorber un ión de la solución que fluye a través de un lecho; es una propiedad cinética y es específica a las condiciones del experimento. Depende pues de la velocidad de flujo, profundidad del lecho y de la cantidad de regenerante usado.

UNIDADES DE CAPACIDAD.- Tanto la capacidad primaria como la "limite" se expresan sobre una base volumétrica de la resina y no sobre una base de peso. Esto es el resultado de la fabricación y uso de las resinas en la forma totalmente hidratada y en ausencia de la resina en su forma seca. (el contenido de agua a veces alcanza un 40% del peso de la resina)

La unidad empleada comúnmente es kilogramos  $\text{CaCO}_3$  por pie cúbico de resina.

ACCESORIOS.- Por esta palabra se entiende todo el equipo y aparatos requeridos para llevar a cabo el proceso de intercambio.

Actualmente los métodos conocidos se llevan a cabo comercialmente por pasos, usando un lecho fijo.

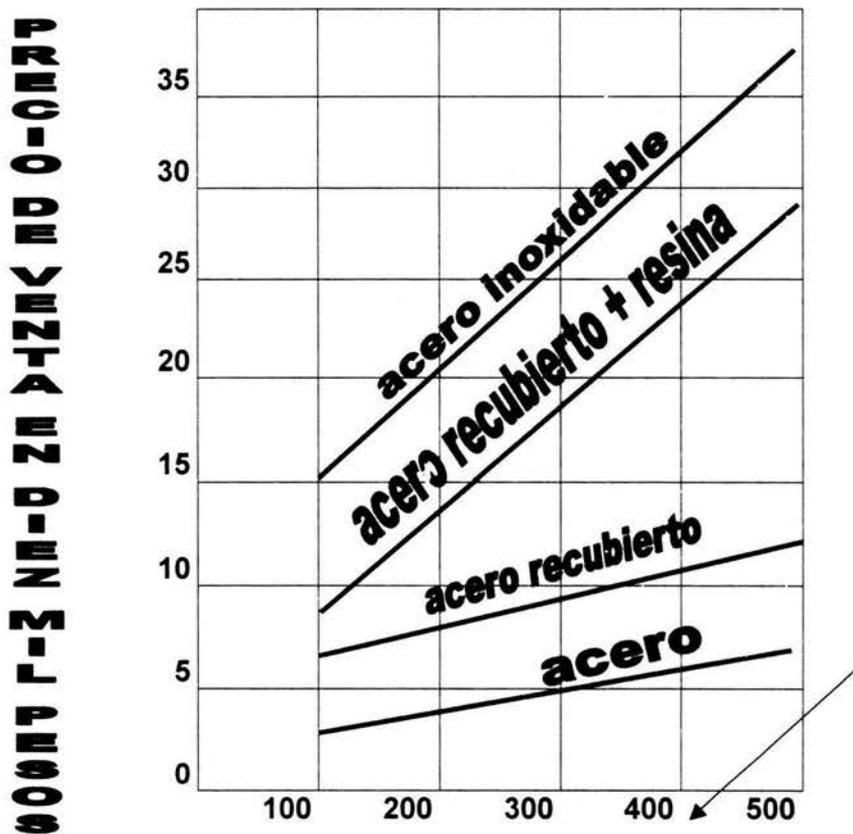
Los accesorios básicamente requeridos son, por lo tanto, un tanque para el lecho de la resina, un soporte de lecho, usualmente grava o carbón, un sistema de drenaje, distribuidores de las soluciones, tanques para las soluciones regeneradoras, un medio de traslado para la solución regenerante; así como equipos de bombeo, tuberías, válvulas, medidores de flujo, etc.

INVERSIÓN ECONÓMICA EN RESINAS Y ACCESORIOS.- Los fabricantes cotizan los precios del equipo incluyendo la resina; Monet a hecho un estudio del precio de venta de los diferentes equipos y promediando los precios respectivos formo la siguiente gráfica.

Los equipos estuvieron hechos de los siguientes materiales:

- ✓ Acero
- ✓ Acero recubierto de hule
- ✓ Acero inoxidable

Los precios de venta de estos materiales se encuentran en la relación de 1:2:4.



Volumen de resina, fl<sup>3</sup>

DIVERSOS EQUIPOS

La experiencia ha mostrado que la inversión requerida para instalar una unidad de intercambio es aproximadamente igual al costo de los accesorios, sin contar la resina.

COSTO DE OPERACIÓN.- Para unidades con sistemas de instrumentación simples, los principales factores del costo de operación son:

1) Sustancias químicas.

El consumo químico en diversas aplicaciones de intercambio puede estimarse rápidamente partiendo de la eficiencia química de la operación y de los kilogramos de material que esta siendo adsorbido, así como por el regenerante que se está usando.

En cuanto a la resina su duración es de 30 años o más, hasta que se desmorona. Meleshko asegura que el desmoronamiento es debido no a la fricción, sino a otras causas cuyo origen es el tratamiento preliminar de la resina (hidratación, hinchamiento); cuando la resina seca se sumerge en agua, las moléculas de agua migran a altas velocidades dentro de las partículas. El cambio brusco resultante en el volumen de la partícula, ocasiona la ruptura de las uniones entre las células unitarias del polímero y así su desmoronamiento. Este efecto lo relaciona con la presión osmótica.

2) Agua requerida.

Generalmente se emplean grandes cantidades de agua para el lavado de las resinas de intercambio. Otra cantidad importante, aunque menor, se necesita para el enjuague del lecho. El costo del agua es una parte importante en el costo de la operación. En la desionización, el agua tratada procedente de la unidad ácida, se emplea a menudo para lavar la unidad donde se encuentra la unidad básica. Tal procedimiento requiere menos agua de lavado, es más fácil de llevarse a cabo y evita la precipitación de solutos en el lecho.

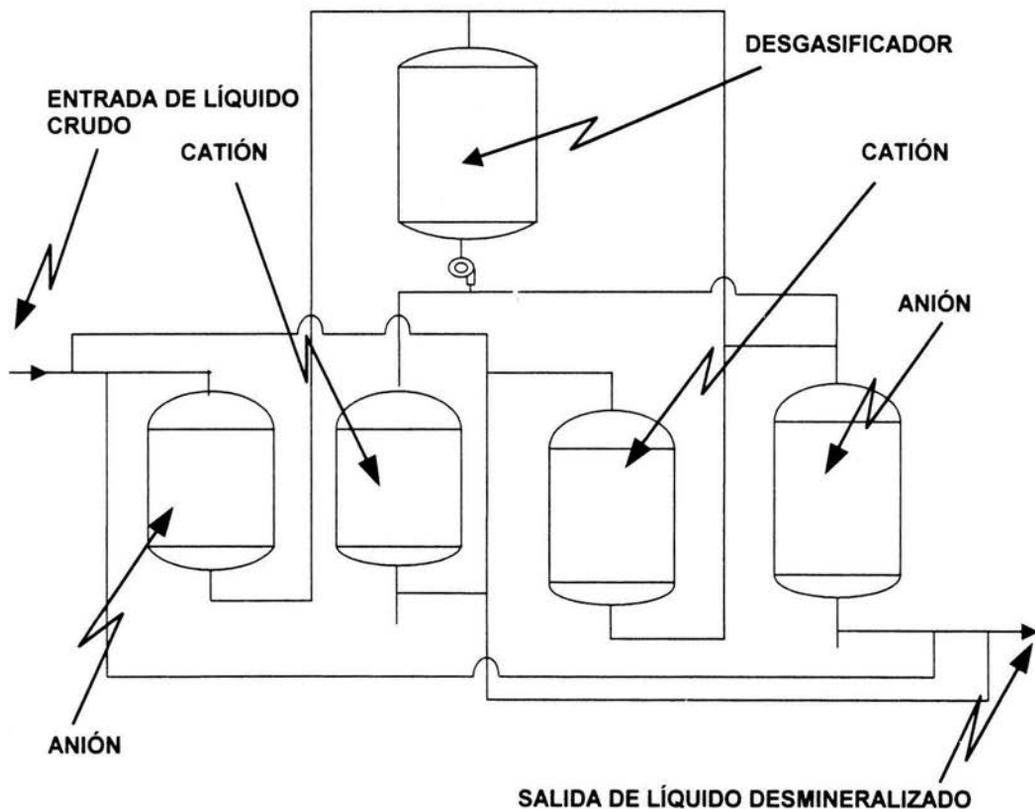
3) Necesidades de Trabajo.

La regeneración de unidades para tratamiento de agua requiere alrededor de 3 horas/ ciclo. A pesar de todo, mientras el operador no esté necesitado durante el ciclo completo de operación, se requiere un tiempo adicional para preparar las soluciones regeneradoras y para análisis comprobatorios.

La operación automática puede justificarse, a) cuando el tiempo del ciclo es corto, b) cuando el número de unidades es grande y c) cuando se desea una reproducibilidad al máximo.

Beohner ha patentado un procedimiento por medio del cual se puede operar continuamente utilizando dos unidades completas, (catiónica y aniónica), y mientras una trabaja hasta agotarse, la otra se regenera simultáneamente, vea la siguiente figura.

Wisfeld y Fitch han patentado sendos procesos por medio de los cuales las unidades operan con ahorros considerables de tiempo al tener conexiones especiales que permiten efectuar el intercambio continuamente.



**Sistema continuo de desmineralización (Pat. Beohner)**

DISEÑO. El diseño de una unidad de intercambio resuelve dos problemas: primero, la determinación de la cantidad y tipo del cambiador adecuado y segundo, el diseño de la unidad necesaria para contener el cambiador y permitir una operación efectiva. El diseño correcto logrará estos objetivos a un costo mínimo.

La expresión "costo mínimo" es muy compleja y varía bajo ciertas condiciones. Un diseño inteligente debe considerar el costo de instalación y el costo del equipo. La elección dependerá marcadamente de los grados de amortización. Es obvio que bajo ciertas condiciones será más económico elegir una unidad más cara que operará a menor costo. Sin embargo, bajo otras circunstancias la inversión es verdadera.

Para propósitos de acondicionamiento industrial (suavización, desionización, desalcalinización) los costos operacionales son de considerable mayor importancia que los costos de equipo ya que la amortización se lleva a cabo en periodos largos de 5 a 25 años.

Sin embargo, para propósitos domésticos de suavización de agua, los costos de operación son insignificantes comparados con los costos del equipo.

Es difícil establecer una pauta rigurosa para el diseño; sin embargo, para tener una valorización aproximada de las necesidades, el diseñador debe conocer ciertos datos:

1) Debe obtenerse un análisis minucioso de la solución o agua que va a tratarse, Powell ha hecho un estudio donde se señala la importancia de este paso; por ejemplo: La concentración total de iones en agua de río puede variar hasta 2 o 3 veces entre el verano y el invierno.

2) Debe conocerse el volumen de agua o solución que va a tratarse por unidad de tiempo; debe conocerse, asimismo, la velocidad máxima y mínima de entrega. Es practica común basar los cálculos de diseño en las condiciones más desfavorables con objeto de incluir un grado de seguridad.

3) El diseñador debe estar al tanto de la calidad del efluente deseado.

4) Deben considerarse las limitaciones de regeneración, especialmente desde el punto de vista del trabajo.

5) Debe tomarse en cuenta si la operación es o no intermitente y si se dispondrá de equipos para almacenar agua.

6) Deben evaluarse las variaciones y limitaciones de la presión.

Después de obtener la información anterior, el diseñador decidirá el tipo o tipos de cambiador más adecuados para la operación, para cuyo logro se deben considerar los siguientes puntos:

- 1) Estabilidad del cambiador bajo las condiciones deseadas de operación.
- 2) Eficiencia de la regeneración de la resina.
- 3) Determinación de la resina de máxima capacidad.

Con estos datos será posible resolver los dos elementos de mayor importancia del diseño; esto es: la capacidad del cambiador requerido y el diseño de la unidad

## CAPITULO VI

### 6 Apéndice

#### MEMBRANAS DE INTERCAMBIO

Las membranas son materiales sintéticos cambiadores de iones, en forma de laminas flexibles en contra posición a la forma granular o de perlas de los productos comunes cambiadores de iones. Nominalmente son de 0.8 mm de espesor y existen tanto las de tipo catiónico como las de tipo aniónico.

Se preparan para su uso, en membranas electrolíticas para la separación y eliminación de iones por electro- ósmosis. Por razones prácticas los productos cambiadores de iones tradicionalmente no podían usarse para eliminar sales de soluciones con una concentración superior a 0.2 N. Por el contrario, las membranas sirven para desmineralizar soluciones salinas con una concentración hasta 3 N.

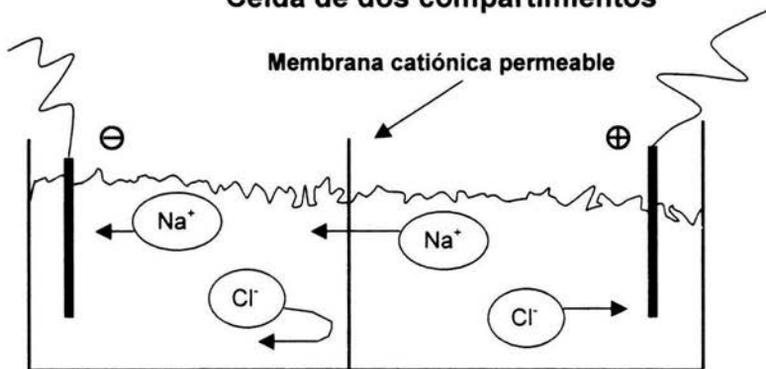
Al contrario de los productos granulares, las membranas cuando se usan en celdas electrolíticas, no requieren de ningún tratamiento químico para la regeneración periódica y la desmineralización se efectúa continuamente por el uso de la corriente eléctrica. Las membranas son semi-permeables, siendo cada tipo únicamente permeable a los iones de una carga y muy impermeable a los iones de carga opuesta. Así si aplicamos una FEM a una celda conteniendo membranas, la corriente pasa a través de cada membrana por los iones de una carga solamente.

Las membranas son mecánicamente estables a 95° C ya que a temperaturas superiores, se deteriora su selectividad iónica. Son estables tanto a agentes oxidantes como reductores y con todos los ácidos y bases, e insolubles en casi todos los disolventes, pero aumentan de volumen con algunos hidrocarburos.

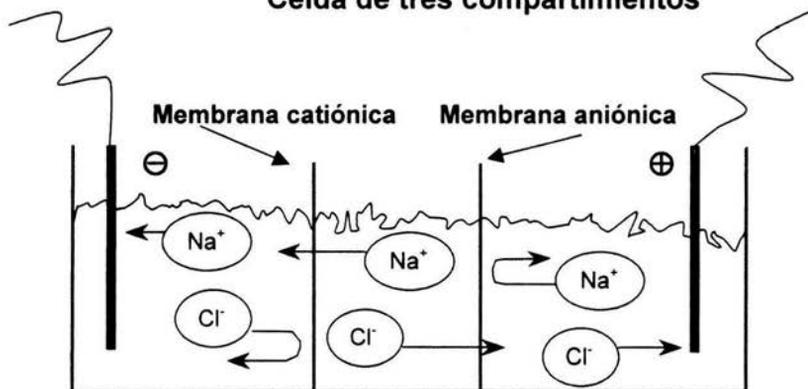
Conductancia Eléctrica.- Como ya se describió anteriormente, las membranas permiten el paso de la corriente transportada por los iones a los que es permeable cada membrana. Al igual que cualquier otro conductor, presentan alguna resistencia eléctrica. La resistencia depende de la concentración del ambiente electrolítico y es muy independiente del anión. Con sales que tengan cationes polivalentes, la resina será tanto mayor cuanto más alta sea la valencia.

En soluciones ácidas, la resistencia es apreciablemente más baja que en cualquier solución salina, debido a la más alta movilidad del hidrogenión en la membrana. Con sales que tengan aniones polivalentes, la resistencia puede ser tanto mayor cuanto más alta sea la valencia. En soluciones alcalinas, la resistencia es mucho más baja que en soluciones de sales neutras debido a la alta movilidad del hidrogenión en la membrana.

### Celda de dos compartimientos



### Celda de tres compartimientos



### Principio de la celda para electrodiálisis

### Aplicaciones de las membranas.-

En la actualidad, las aplicaciones de las membranas se agrupan en dos tipos distintos.

El primero es para dar una acción selectiva en los procesos electrolíticos, evitando el paso de iones no necesarios. El segundo es en la construcción de celdas de transporte eléctrico, de compartimientos múltiples que se usan para la purificación de soluciones, o también para la concentración de sales.

El primer tipo de proceso queda aclarado con un problema que se presenta en la recuperación electrolítica de metales en una solución. Como el material se deposita en el cátodo, se forma ácido en el ánodo y la corriente se malgasta en llevar hidrógeno del ánodo al cátodo. Si la membrana se coloca entre los dos electrodos, con la solución metálica en el compartimiento catódico, entonces, los iones hidrógeno, formados en el compartimiento anódico, no pueden pasar al cátodo, consiguiéndose una eficiencia en el paso de la corriente.

Si se usan dos membranas diferentes: (véanse figuras anteriores) una catiónica C próxima al cátodo y una anódica A contigua al ánodo, en tal caso, una solución salina en el centro del compartimiento puede ser electrolizada para dar ácido y base puros en los compartimientos del electrodo. Así, la solución de sulfato sódico puede convertirse en hidróxido sódico y ácido sulfúrico. Las membranas cambiadoras de cationes, se han usado también en celdas de cloro, reemplazando la capa de mercurio que se usa en la celda Castner- Sèller.

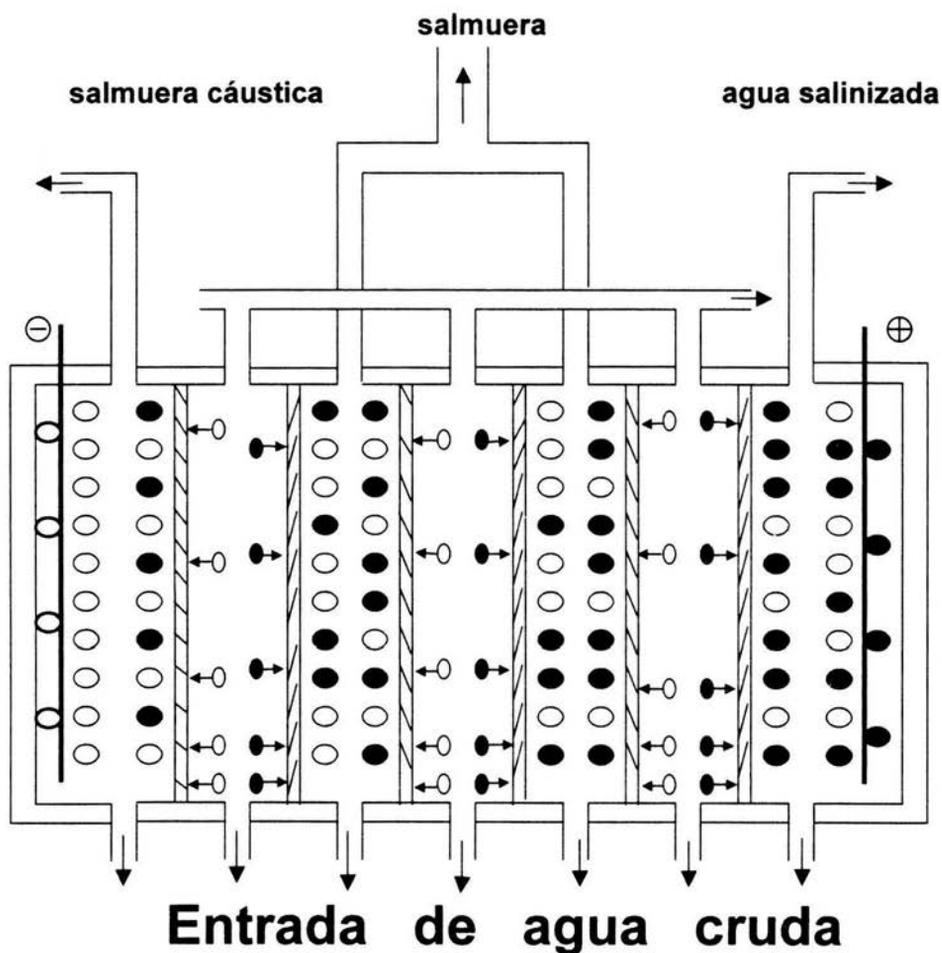
La celda de compartimientos múltiples contiene un gran número de membranas cambiadoras de aniones y cationes alternadas, formando un gran número de compartimientos que están conectados hidráulicamente en la forma de dos grupos alternados. Cuando una corriente pasa a través de la serie completa, los cationes se mueven hacia el cátodo, hasta que los detiene la primera membrana A que encuentran, mientras que los aniones se mueven en dirección contraria hasta que los detiene la primera membrana C. Se desprende, que la solución en un grupo de compartimientos llega a hacerse más diluida mientras que la del otro grupo se incrementa en la proporción correspondiente. Como quiera que los electrodos se reducen a proporciones inapreciables, el proceso total es muy económico con respecto al consumo máximo y este tipo de celdas señala grandes promesas en el desalinizado de aguas salinas.

La figura anterior muestra el principio de operación de las celdas para electrodiálisis de dos y tres compartimientos.

Spiegler en un excelente trabajo, describe la celda de la siguiente figura. Las conexiones del flujo se hayan colocadas en paralelo y las membranas están separadas por 0.6-0.8 mm la unidad esta planeada para desalinizar aguas crudas.

En la siguiente hoja se presenta el diagrama de una celda de membranas intercambiadoras de iones de varios compartimientos.

## DIAGRAMA DE UNA CELDA DE VARIOS COMPARTIMIENTOS



- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ión sodio</li> <li>● Ión cloruro</li> <li>● Ión hidroxilo</li> <li>● Molécula de cloro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hidrógeno</li> <li>  Electrodo inerte</li> <li>▨ Membrana catiónica</li> <li>▧ Membrana aniónica</li> </ul> |
|--|--|

## CONCLUSIONES

Una de las principales conclusiones es la importancia del proceso de desmineralización del agua así como para lo que esta es empleada.

Todos estos procesos son de gran importancia por lo tanto deben seguir cierta continuidad y calidad al realizarlos, ya que de esto dependerá que el agua este en condiciones para poder trabajar con ella y de no ser así se corre el riesgo de que un material o un equipo quede inservible causando daños económicos y laborales.

Es también importante esta agua desmineralizadora para la fabricación del cinescopio por que crea un medio inerte, necesario para evitar la contaminación y rechazo del botellón, para que este funcione adecuadamente; en el caso de que este proceso no fuera realizado con calidad, podrá pasar al siguiente proceso y llegar a su termino, pero cuando el departamento de control de calidad le realice sus pruebas, este será rechazado, lo que causará fuertes gastos de desperdicio y afectando a la compañía económicamente.

Los pasos que se llevarán a cabo para esta desmineralización de agua ya sabemos que son por medio de unidades catiónicas, desgasificador y una unidad de lecho mezclado en las cuales se llevan a cabo una serie de procedimientos a seguir con los cuales el personal deberá estar altamente capacitado, de no ser así se incurre de nuevo en fallas que a la compañía le merman económicamente, pudiendo hasta perder un equipo. Por otro lado el equipo de seguridad industrial que marcan las normas, es importante que se use (obligatorio) ya que de esto dependerá la seguridad, tanto del proceso como del operador.

Por último se concluye que la desmineralización de agua debe seguir su procedimiento tecnológico par que cumpla con las especificaciones necesarias para ser usada en dicho proceso.

3) El descubrimiento de las membranas de intercambio iónico aumenta considerablemente el margen de aplicaciones a soluciones de concentración elevada.

4) Nuevos tipos de resina se siguen investigando; la industria del futuro echará mano, cada vez en mayor cantidad, de estos nuevos productos.

## BIBLIOGRAFÍA

Duper Waterreiniging N. V. Amsterdam Holanda

Proyecto N° 20568- Philips

Anónimo,

Resinas cambiadoras de iones

United Water Softener Ltd.

Gunnersbury Ave. London W-4 ENG.

Bauman W. C.

Fundamental Properties of Ion Exchange Resins

Ion Exchange Technology,

Academic Press,

N. Y. 1949

Bechner H. L

Operation of Ion Exchange Demineralization Apparatus

U. S. Pat. 2,841.550 July 1, 1958

Fitch E. B.,

Ion Exchange Apparatus,

U.S. Pat. 2,572,848, Oct 30, 1951

Hiester N. K. and Phillips R.C. ,

Ion Exchange, Chem. Eng. Ser. 1954

Meleshko V. P. et al,