



UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**“DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA”**

DISERTACIÓN

Que para obtener el título de:
INGENIERO QUÍMICO
ESPECIALIDAD METALURGIA

Presenta:
OSCAR ALEJANDRO MARTÍNEZ NAVARRO

Hermosillo, Sonora

Septiembre del 2008

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	1
CAPITULO 1. Objetivo del sistema	2
CAPITULO 2. Descripción del sistema	2
2.1.- Pretratamiento	3
2.1.1.- Desarenador/Desengrasador	3
2.2.- Tratamiento biológico	5
2.2.1.-Tanque de lodos activados	5
2.2.2.- Clarificador secundario	6
2.2.3.- Tanque de desinfección	6
2.3.- Tratamiento físico-químico	8
2.3.1.- Clarificador/Descarbonatador	8
2.3.2.- Tanque de ajuste de pH	9
2.3.3.- Filtros de arena	9
2.3.4.- Tanques de almacén de agua filtrada	10
2.4.- Desmineralización	11
2.4.1.- Ósmosis inversa	11
2.4.2.- Tanque de almacén de agua osmosada	12
2.4.3.- Filtros desmineralizadores	12
2.4.4.- Tanque de almacén de agua desmineralizada	14
2.4.5.- Tanque de neutralización	14
2.5.- Tratamientos de lodos	14
2.5.1.- Espesador de lodos	15
2.5.2.- Tanque de mezcla de lodos	16
2.5.3.- Deshidratador de lodos	16
2.5.4.- Tanque receptor de filtrado	18
CAPITULO 3. Operación y control del sistema	18
3.1.- Sistema de control y supervisión	18
3.2.- Interfase hombre maquina	19
3.3.- Centro de control de motores	19
CAPITULO 4. Especificaciones de equipos	20
4.1.- Desarenadores- Desengrasadores	20
4.2.- Sistema de aereación	20
4.3.- Clarificador secundario	22
4.4.- Tanque de contacto de cloro	23
4.5.- Bombas de agua tratadas	23
4.6.- Turbocirculator	24
4.7.- Bombas de extracción fisicoquímicos	25

4.8.- Tanques de agua tratada y ajustes de pH	26
4.9.- Bombas de alimentación a filtros	27
4.10.-Filtros verticales de arena	28
4.11.-Tanque de agua filtrada	29
4.12.-Bombas de agua para lavado de filtros	30
4.13.-Sopladores de aire para lavado de filtros	30
4.14.-Reja de espesamiento gdd	31
4.15.-Tanque de mezcla de lodos	32
4.16.-Bombas de alimentación de lodos a filtro banda	33
4.17.-Filtro banda superpress st	33
4.18.-Filtros cartucho	35
4.19.-Ósmosis inversa	35
4.20.-Tanque de transferencia agua osmosada	37
4.21.-Bombas de transferencia a lechos mixtos	38
4.22.-Lechos mixtos	38
4.23.-Tanque de agua desmineralizada	39
4.24.-Bombas de transferencia agua desmineralizada	40
4.25.-Tanque de neutralización	40
4.26.-Dosificación de químicos	41
CAPITULO 5. Anexos	52
5.1.- Efectos de las impurezas en las centrales termoeléctricas	52
5.1.1.- Incrustaciones	53
5.1.2.- Corrosiones	53
5.1.3.- Fragilidad cáustica	54
5.1.4.- Arrastres y formación de espumas	54
5.2.- Parámetros fundamentales	54
5.2.1.- Alcalinidad	55
5.2.2.- Grado de acidez pH	56
5.2.3.- Salinidad	57
5.2.4.- Materia en suspensión	58
5.2.5.- Turbiedad	58
5.2.6.- Color	59
5.2.7.- Agresividad	59
5.3.- Concepto de floculación	61
5.4.- Introducción al concepto de ósmosis inversa	61
5.4.1.- Concepto de ósmosis (ósmosis directa)	62
5.4.2.- Concepto de membranas semipermeable	62
5.4.3.- Concepto de ósmosis inversa	62
5.4.4.- Definiciones y términos de los parámetros de o.i.	64
5.4.5.- Tabla de principales componentes químicos que afectan las membranas de ósmosis inversa	66
5.4.6.- Importancia del pretratamiento para sistemas de o.i.	68
5.5.- Introducción al tratamiento de desmineralización	69
5.5.1.- Definición de intercambio iónico.	69
5.5.2.- Definición de intercambio aniónico	71
5.5.3.- Definición de intercambiador catiónico	71

5.5.4.- Definición de intercambiador de lecho mixto	72
5.6.- Diagrama de flujo del proceso	74

DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA.

INTRODUCCIÓN:

Los tratamientos a que pueden someterse las aguas de aporte son muy numerosos y distintos, esto depende de su procedencia y su destino. Este abanico tan amplio de tratamientos se pueden reducir drásticamente dependiendo de los tratamientos propios de una central termoeléctrica, aunque aún así todavía resultan varios tipos de tratamientos, ya que se pueden agrupar según se traten de: agua de alimentación a calderas, aguas condensadas, aguas de torres de enfriamiento, aguas residuales, etc. Para cada central, la procedencia inicial del agua puede ser también distinta, lo que, en cierto modo, aumenta el número de posibilidades de tratamientos.

En cualquier evaluación del acondicionamiento del agua es necesario considerar las impurezas contaminantes presentes, en relación con las incrustaciones o depósitos de corrosión.

Estas impurezas se presentan, normalmente, como lodos arcillas o sedimentos, oxígeno, dióxido de carbono, óxidos, compuestos de calcio, aceite, magnesio y sílice, etc.

OBJETIVO GENERAL

Describir el sistema de tratamiento que se debe aplicar a las aguas residuales para adecuarlas para su uso en una Central termoeléctrica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Describir los equipos utilizados en dos sistemas de tratamiento de aguas residuales para su explicación en centrales termoeléctricas.

Enlistar los datos que se requieran para el análisis de los costos implicados en un sistema de tratamiento de aguas residuales para las centrales termoeléctricas.

CAPÍTULO 1. OBJETIVO DEL SISTEMA.

El sistema de tratamiento de agua de aportación de la central termoeléctrica tiene como principal tarea, purificar, física y químicamente, el agua cruda obtenida del colector general de aguas negras de la ciudad, y proveer agua con características y condiciones de calidad adecuadas para evitar o disminuir el desarrollo de fenómenos nocivos para los equipos de la central.

El objetivo fundamental que se persigue es por tanto:

- Producir agua tratada y acondicionada para los sistemas de enfriamiento.
- Producir agua desmineralizada para la aportación del ciclo agua-vapor.

En el ciclo agua-vapor el agua debe acondicionarse inicialmente y posteriormente para que origine un mínimo de problemas, ya que la dureza, la turbidez y la materia en suspensión en el agua de repuesto son los más perjudiciales, aunque también pueden originarse problemas por otros factores, como gases disueltos, sílice coloidal, etc.

CAPÍTULO 2.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

La planta de tratamiento de agua de aporte para la central termoeléctrica, está formada por el siguiente tren de tratamiento:

- Pretratamiento.
- Tratamiento biológico.
- Tratamiento físico-químico.
- Tratamiento de lodos.

Este tren de tratamiento se constituye básicamente de los siguientes equipos:

- Desengrasador/Desarenador.
- Tanque de lodos activados.
- Clarificador secundario.
- Tanque de desinfección.
- Clarificador/Descarbonatador.
- Tanque de ajuste de pH.
- Filtros de arena.
- Tanque de almacén de agua filtrada.
- Equipo de ósmosis inversa.
- Tanque de almacén de agua osmosada.
- Filtros desmineralizadores.
- Tanque de almacén de agua desmineralizada.
- Tanque de Neutralización.
- Equipos de tratamiento de lodos.
- Tanque receptor de filtrados.

2.1.- PRETRATAMIENTO.

Está formado por los siguientes equipos:

2.1.1.- Desarenador/Desengrasador.

Este equipo permiten separar el agua de las materias gruesas sedimentables (arena) y de las grasas y aceites flotantes, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones que provoquen atascamientos en las tuberías, bombas y accesorios de conducción subsecuentes.

Este proceso esta constituido por dos equipos en forma circular, aireados mecánicamente y con capacidad para dar tratamiento a un flujo de 200 m³/hr por cada uno.

Particularmente, estos equipos permiten la eliminación de arenas y partículas de densidad superior a 2.65 y de granulometría de 150 a 250 micras; y la eliminación de la mayor parte de las grasas libres y flotantes que pueden ser separados por flotación, gracias a la inyección de burbujas de aire.

Desarenado:

El desarenado permite eliminar las materias gruesas contenidas en el efluente, que pueden desempeñar un papel negativo en el resto del tratamiento, por ejemplo, inútilmente ocupando espacio en el espesamiento de lodos, así como las obras de tratamiento de dichos lodos.

Para esta operación se emplean unos dispositivos de inyección de aire y un sistema de rastras de acondicionamiento periférico y que tiene ensamblado un sistema de aspiración de las arenas tipo “air–lift”, este sistema de aireación opera por medio de un compresor, que inyecta aire comprimido a la base de un tubo vertical cuya succión se encuentra cerca del fondo del equipo, generando un fenómeno de sifón capaz de succionar las arenas mezcladas con agua.

Desengrasado:

El equipo desarenador/desengrasador, incluye tuberías de difusión de aire con el fin de favorecer la flotación de las grasas y aceites como también permitir el desprendimiento de la materia en suspensión que puede envolver a los granos de arena.

A media altura está colocada una rampa de producción de aire equipada con bombas de inyección de aire, para que el aire inyectado provoque un movimiento en espiral de abajo hacia arriba, favorecido por la sección transversal del canal.

Una rastra de superficie fijada en un acondicionamiento central, permite barrer la superficie del equipo, arrastrando así todos los flotantes hacia un contenedor de grasas en donde se evacuan para su disposición final.

2.2.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

2.2.1.- Tanque De Lodos Activados.

Aquí la aireación es una operación fundamental en este proceso biológico en presencia de un lodo *activado* se remueven el grueso de la DBO presente en el agua y por consecuencia una disminución de la DQO.

La aireación y clarificación secundaria (siguiente etapa) funcionan como un sistema en continuo, siendo la primera una etapa de reacción y la segunda una zona de sedimentación.

En esta primera etapa el agua es distribuida en dos trenes de aireación formados por dos tanques de concreto, con un volumen útil de aireación por tren de 2596 m³, considerando una zona anódica con un volumen útil de 570 m³. Cada tren tiene capacidad de tratamiento para 200 m³.

La función de este sistema biológico que combina unas zonas de anoxia y de aireación es la remoción de nitrógeno mediante nitrificación y desnitrificación para alcanzar un valor de salida solicitado para el agua de las torres de enfriamiento. Esta se da mediante la recirculación interna que permite retornar a la zona anóxica los nitratos producidos por oxidación del nitrógeno orgánico y amoniacal, siendo después eliminado por ausencia de oxígeno. Esta recirculación asegura una buena homogenización para evitar depósitos de fondo.

En su interior el tanque contiene los lodos activados, el agua en tratamiento y el agua con lodos de recirculación provenientes de los clarificadores secundarios. La mezcla de ambos lodos se le denomina "licor mixto".

La mezcla y oxigenación de agua son producidas por difusores de burbujas distribuidos en el piso de cada tanque.

En este tanque se dosifica Sosa cáustica (NaOH) para evitar que el pH descienda por debajo de 7.2 debido al consumo de alcalinidad por la eliminación de nitrógeno.

La cantidad de oxígeno requerido en los dos tanques de aireación, es suministrada a través de un arreglo de sopladores de aire formado por cinco equipos, considerando cuatro equipos en operación y uno en stand-by.

2.2.2.- Clarificador Secundario.

El agua procedente de la etapa de aireación, se conduce por gravedad a este sistema, el cual, está formado al igual que el sistema de aireación por dos trenes, es decir dos clarificadores, cuya construcción es de concreto armado.

El propósito de esta unidad es llevar a cabo una recuperación de lodos mas balanceados en su zona central para posteriormente bombearlos al sistema de aireación. Esto se logra con la floculación de los lodos que son retenidos como una etapa expandida, donde el agua fluye regular y uniforme a través de esta capa; después el agua es introducida en la base de la capa de lodos, vía un sistema de distribución que permite un mezclado continuo. El agua floculada al pasar a través de la capa de lodos, emerge clarificada en la sección superior de la unidad. El floculo de lodo ya existente sirve como "semilla" para acelerar la formación y crecimiento de flóculos más voluminosos y más densos, acelerando de este modo, su sedimentación y mejorando significativamente la clarificación.

Finalmente el agua clarificada se colecta en un vertedor periférico de cada uno de los clarificadores, donde sale por la parte superior de los equipos y pasa por gravedad a la etapa posterior del proceso.

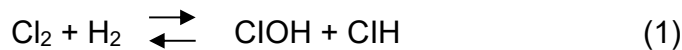
2.2.3.- Tanque De Desinfección.

El agua clarificada proveniente de los clarificadores secundaria es tratada con gas cloro (Cl_2) donde se dosifica a 5 ppm. Esta operación está realizada en el tanque para contacto de Cloro que está dividido en dos celdas cuya construcción es en concreto con un

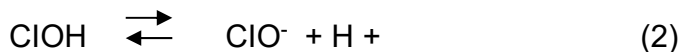
volumen útil total de 200 m³, para asegurar un tiempo de contacto óptimo de 30 minutos. Al final el agua desinfectada, pasará a un cárcamo de bombeo para poder ser enviada al tratamiento fisicoquímico y continuar con su depuración.

El cloro posee un poder oxidante remanente muy elevado que favorece la destrucción de la materia orgánica. Su acción bactericida y microbicida se explica por la destrucción de enzimas y diastasas, indispensables para la vida de gérmenes y agentes patógenos y microbianos.

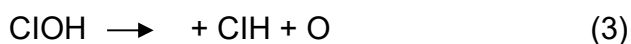
El cloro disuelto en el agua se comporta según la siguiente reacción.



Que en una relación secundaria se disocia.



A la reacción con el agua puede deberse su acción bactericida. También puede deberse a la presencia de oxígeno nascente (atómico) debido a la descomposición del ácido hipocloroso.



Esta relación explicaría también el efecto bactericida del Ozono (O₃) que se descompone fácilmente en O₂ y O (oxígeno molecular y atómico).

El sentido de desplazamiento de las reacciones está determinado por el pH del medio. A un pH > 2 todo el cloro está en forma molecular, habiendo desaparecido por completo a pH > 5. A pH entre 5 y 10, la distribución entre ácido hipocloroso (ClOH) y su ión Hipoclorito (ClO⁻) sigue una curva de distribución en la que se disminuye el ClO⁻ según aumenta el pH.

2.3.- TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.

2.3.1.- Clarificador/Descarbonatador.

Este es un sistema clarifloculador que tiene la finalidad de eliminar la dureza, el olor y las impurezas orgánicas del agua cruda, mediante el procedimiento de clarificación y descarbonatación. El proceso de clarificación se da por medio de la coagulación, floculación y sedimentación de la turbiedad del agua.

Los flóculos formados, por gravedad se sedimentan y se eliminan como lodos mediante purga para después ser enviados al tanque de mezcla de lodos.

El clarificador/descarbonatador es un equipo cilíndrico de fondo cónico que cuenta con una zona central de mezcla y reacción, equipada con una hélice de diseño especial y un faldón de repartición para favorecer el cambio de velocidad del agua cruda y pasar por la zona clarificación.

En el clarificador/descarbonatador, los lodos estarán constituidos de diferentes especies cada uno con velocidad de decantación distinta para el CaCO_3 , puro y reducida para los hidróxidos de Mg, Fe y coloides, por lo que es necesario considerar una velocidad de sedimentación óptima.

En este equipo se tiene la ventaja de contar con una recirculación interna de lodos, es decir, mediante una hélice central los lodos preformados son conducidos hacia la zona de mezcla y reacción tendiéndose de esta forma una mayor eficiencia en la formación de flóculos y un ahorro de químicos.

La hélice central tiene un perfil especialmente estudiado que evita deteriorar los lodos ligeros de los hidróxidos, y a su vez mezclar íntimamente los lodos formados y recirculados con el agua cruda ingresante al equipo.

El agua clarificada se colecta en la parte superior del equipo a través de un colector periférico equipado con vertedores. Los lodos se sedimentan en el fondo y son barridos y

conducidos por una rastra radial hacia la tolva central de lodos. De ahí una parte se recirculan internamente, por medio de la hélice o bien se dirigen hacia el pozo de lodos donde se permite su extracción de forma intermitente.

2.3.2.- Tanque De Ajuste De pH.

El agua clarificada es conducida por gravedad a este equipo construido de concreto, con un volumen útil de 100 m³. En este tanque se realizará u ajuste de pH del agua mediante la adición de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), asegurando la mezcla con ayuda de agitación mecánica.

De este tanque se alimentaran dos sistemas, filtración y torres de enfriamiento del condensador. Por medio de dos bombas centrifugas horizontales se alimentará al sistema de filtración, mientras que por gravedad, se tiene una alimentación continúa hacia las torres de enfriamiento del condensador.

2.3.3.- Filtros De Arena.

La filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido-líquido a través de un medio poroso que retiene los sólidos y deja pasar los líquidos.

Su función es retener las partículas gruesas suspendidas en el agua tratada o para retener coágulos o componentes de lodo de la coagulación o de los procesos de ablandamiento. Su diseño esta basado en un proceso de doble filtración en profundidad, a través de filtros verticales con lecho filtrante de Arena Silicocuarzosa.

La primera etapa de filtración tiene como medio filtrante arena de 1.35 mm y la segunda etapa contiene arena fina de 0.65 mm.

Cada etapa esta constituida por tres filtros (seis en total), los cuales tratan la totalidad del flujo, cuando uno se encuentre en etapa de retrolavado, los otros dos operan la totalidad del flujo, manteniendo siempre constante el suministro de agua filtrada.

En la alimentación de la batería de filtros se dosifica Cloruro Férrico que permite la coagulación sobre los filtros con el fin de asegurar un desempeño más confiable y dar una mayor eficiencia en la remoción de materia suspendida y coloidales.

Para la operación de retrolavado de cada uno de los filtros se ha considerado una alimentación a contracorriente de un flujo de aire que permite el esponjamiento del lecho filtrante ayudando a desprender la capa de sólidos comprimidos. Después una segunda fase de flujo de agua a contracorriente recoge las materias desprendidas y las evacua del filtro, permitiendo que el lecho filtrante esté limpio antes de empezar un nuevo ciclo de filtración, esta operación es muy importante y debe quedar el filtro completamente limpio, ya que de ser insuficiente puede llegar al atascamiento permanente de algunas zonas, dejando un paso reducido, lo que obliga a un aumento de pérdida de carga y una filtración local más rápida y por tanto menos eficiente.

La operación de retrolavado y servicio de los filtros se hace en forma automática controlada a través de un tablero de control, mediante la apertura y cierre de válvulas mariposa de operación automática.

2.3.4.- Tanques De Almacén De Agua Filtrada.

Parte del agua filtrada se conducirá directamente hacia el tratamiento de ósmosis inversa, la otra parte del agua filtrada se colectara en un tanque metálico con volumen útil de 945 m³ para satisfacer los requerimientos de agua para protección contra incendios y un volumen restante para servicio de agua para lavado de filtros de arena y equipo de espesamiento y deshidratación de lodos.

El agua sucia producto de lavados de filtros se conducirá directamente al tanque de captación de filtrados donde también se reciben las corrientes de agua procedente del lavado del equipo espesador de lodos y del deshidratador de lodos, para posteriormente enviarlos al inicio del proceso, con la finalidad de reducir pérdidas al máximo en el sistema.

2.4.- DESMINERALIZACIÓN.

2.4.1.-Ósmosis Inversa.

El objetivo del tratamiento de agua por ósmosis inversa es el de reducir su sanidad y el contenido de otras sustancia contaminantes que van disueltas en ellas.

La gran ventaja de la ósmosis inversa sobre tecnologías como el intercambio iónico y electrodiálisis, es que a un bajo costo prácticamente constante puede eliminar hasta el 99.99% de las sales que le llegan, sin afectarle mucho que el agua sea altamente salobre. Igualmente elimina el 100% de los virus bacterias que se encuentren en el agua de alimentación. Todas estas impurezas, al concentrarse en el rechazo, pueden causar problemas si el diseño no se efectúa correctamente.

El sistema de ósmosis inversa se puede considerar como el corazón de toda la planta ya que aquí es donde se elimina la mayoría de las impurezas contenidas en el agua.

La manera en que trabaja es que al agua que contiene sales u otros contaminantes se le aplica bastante presión y se le hace pasar por una membrana sintética semipermeable. Debido a que la membrana no está dotada de poros, el agua tiene que disolverse en la membrana y pasar por difusión a través de esta. Al pernear el agua por la membrana queda altamente pura y atrás casi todas las sales y otros contaminantes como pesticidas, organismos microbiológicos, materia orgánica y muchas otras impurezas que pueden afectar a la salud humana.

En el proceso de tratamiento de la central termoeléctrica el agua filtrada se conduce por un cabezal que la distribución a los filtros cartucho de polipropileno con porosidades de 5 micras.

Todas las plantas de O.I. deben operarse con adición continua de anti-incrustante. La única excepción es el caso de las plantas que operan a baja recuperación y con aguas con bajo contenido de dureza. Se recomienda para todas las membranas con aguas que lleguen en concentrado hasta dos veces el límite de saturación de las sales.

Para el caso de la central termoeléctrica se aplica un inhibidor de incrustación que evitará la incrustación sobre las membranas de O.I. de los carbonatos y sulfatos.

Por otro lado el Cl₂ residual procedente del proceso de esterilización es perjudicial para las membranas de O.I. por ello debe de eliminarse o reducir su concentración por debajo de 0.1 ppm.

Para eliminar este cloro residual se emplea la dosificación de Bisulfito Sódico (SO₃HNa) en la línea de alimentación de agua para la O.I. antes de los filtros pulidores.

La reacción es:



En este caso según la cantidad de cloro residual es la cantidad de dosificación de Bisulfito.

2.4.2.- Tanque De Almacén De Agua Osmosada.

Se ha integrado a la cadena de O.I. dos tanques fabricados de acero al carbón y con recubrimiento interior anticorrosivo. Con capacidad útil de almacenamiento de 2000 m³ cada uno, estos están dispuestos para alimentar a la torre de enfriamiento en caso de emergencia, y servirán adicionalmente para transferencia del agua hacia el tren de filtros desmineralizadores.

2.4.3.- Filtros Desmineralizadores.

Aún con la aplicación de todos los procesos anteriores, el agua contiene aún restos de impurezas de dureza y otras sales, especialmente el sodio. Como se precisa agua de alta calidad es necesario eliminar esas sales residuales. Para ello se acude a la desmineralización total por intercambio iónico.

La finalidad de este sistema es la de “pulir” la calidad del agua proveniente del sistema O.I. la cual se hace llegar al sistema de filtros desmineralizadores por medio de bombas centrífugas que succionan de los tanques de almacén de agua osmoseada.

Se ha considerado para este sistema, un tren de intercambio iónico por lechos mixtos formado por dos cadenas del 50% de capacidad cada uno, que producen 70 m³ de agua desmineralizada para repuesto de agua de las calderas en el condensador.

Se denomina lecho mixto debido a que su interior en lugar de existir una resina única, se tienen tres resinas diferentes; una de ellas de tipo catiónico, otra del tipo inerte grado industrial y finalmente una del tipo aniónico.

El resultado de la mezcla íntima de las resinas es un efecto múltiple de intercambio como el que se obtendría con una serie infinita de intercambiadores separados en serie, debido a esto se logra una excelente calidad de agua de repuesto para la caldera.

Este proceso, en esencia, consiste en sustituir en una disolución uno o varios de sus iones por otros que forman parte del agente cambiador. La disolución cede sus iones a este y el ión intercambiador cede los suyos, en cantidad equivalente a la disolución. Si los iones cedidos por el intercambiador son H⁺ y OH⁻ y, si el vehículo disolvente es el agua, el proceso se conoce como Desmineralización del agua.

Inicialmente se empleaban zeolitas naturales o artificiales (permutitas) para la desmineralización del agua. Posteriormente se han conseguido productos artificiales llamados genéricamente “Resinas”, que tienen mucha ventaja sobre las resinas naturales. En la actualidad el desarrollo de las resinas intercambiadoras de iones es considerable y, cada día están apareciendo nuevos tipos, algunas con propiedades características.

Para realizar la generación se separan hidráulicamente las dos resinas por diferente densidad. La resina aniónica (más ligera), se coloca en la parte superior y las catiónicas en la parte inferior.

La resina aniónica se regenera con Sosa Cáustica (NaOH) y la catiónica con un ácido fuerte (H_2SO_4). El exceso del regenerante se vierte al tanque de neutralización de pH. Se enjuagan separadamente cada lecho.

Finalmente se mezclan íntimamente con aire comprimido, vaciando previamente el apartado en forma parcial.

2.4.4.- Tanque De Almacén De Agua Desmineralizada.

A la salida de los lechos mixtos, el agua se conduce al tanque de almacenamiento de agua desmineralizada con capacidad de 1000 m^3 este tanque es de construcción metálica tipo atornillable con recubrimiento interior. De este tanque succionan 2 bombas centrifugas para alimentar al ciclo agua-vapor de la central termoeléctrica a un flujo de $37\text{ m}^3/\text{hr}$.

2.4.5.- Tanque De Neutralización.

El agua residual que se obtiene de la regeneración de lechos mixtos es captada en este tanque, con la finalidad de ponerla en condiciones óptimas de pH y poder verterla en el lugar autorizado por la autoridad correspondiente. El ajuste de pH se logra con la adición de Sosa Cáustica o ácido sulfúrico según sea el valor de pH.

2.5.- TRATAMIENTOS DE LODOS.

La reducción del volumen de lodos es una prioridad en la central termoeléctrica para esto se emplea un sistema de tratamiento de lodos el cual consta de los siguientes procesos:

- Proceso de espesamiento de lodos.
- Proceso de mezcla de lodos.
- Proceso de deshidratación de lodos.

2.5.1.- Espesador De Lodos.

El lodo producido en el sistema biológico (aireación) tiene una concentración del orden de 10 kg/m^3 , por lo que este lodo requiere de un tratamiento de espesamiento para poder mezclarlo con el lodo generado en el sistema físico-químico (Clarificador/Descarbonatador), el cual tiene una concentración entre 70 y 80 kg/m^3 . Como se puede observar, operacionalmente no es necesario contar con un proceso de espesamiento del lodo físico-químico y mucho menos diluirlo directamente con el lodo biológico, por lo anterior, únicamente biológico se pasa por una etapa de espesamiento para posteriormente mezclarlo con el lodo generado en el proceso físico-químico en el tanque de mezcla de lodos.

Para esta operación se emplea un equipo que trabaja bajo el principio de drenado o escurrimiento que a continuación se da una breve descripción.

Una rejilla de espesamiento de 3.0 metros de ancho es colocada sobre el sitio de entrega de lodo, la cual está montada sobre una plataforma de apoyo en la parte superior del tanque de mezcla de lodos. El lodo biológico floculado previamente con un polímero catiónico (floculante con moléculas de carga eléctrica positiva), es introducido sobre una fina reja horizontal, la cual es raspada permanentemente por una paletas de plástico que están montadas sobre un juego de cadenas accionadas por un engrane. El sistema de raspadores evita la acumulación a lo largo de la trayectoria de espesamiento. Conforme el lodo se va moviendo a lo largo de la reja, su nivel de concentración aumenta. Idealmente, cuando el lodo alcanza el final de la reja, no contiene agua libre.

El control de espesamiento se efectúa con el ajuste de velocidad de flujo de la bomba de lodos y la velocidad de las paletas de plástico, de esta manera es posible obtener las concentraciones deseadas del lodo espesado.

La reja es lavada periódicamente por un conjunto de espreas instaladas sobre una rampa de pulverización de agua a presión. Este lavado se hace sin necesidad de detener la operación de espesamiento.

El agente floculante es introducido a través de un mezclador estático localizado corriente abajo con la bomba de lodos.

La reja permite la eliminación directa de bajas concentraciones del exceso de lodos biológicos, la cual está diseñada para recibir lodos con concentraciones variables de 5 a 20 kg/m³, y manejar cargas volumétricas elevadas de hasta 30 m³/hr por metro de rejilla asegurando así, la entrega de lodo a concentraciones del orden de 50 a 60 kg/m³, aún cuando el lodo biológico tenga una baja concentración de sólidos

Al final de la trayectoria de espesamiento, el agua intersticial del lodo que pasa a través de la rejilla de espesamiento, es descargada por acción de la fuerza de gravedad a un sitio dispuesto para ello y después es conducida hacia el tanque de captación de filtrados.

2.5.2.- Tanque De Mezcla De Lodos.

Los lodos producidos en el tratamiento físico-químico y los producidos en el proceso de espesamiento, son depositados en un tanque de concreto para mezcla de lodos con capacidad útil de almacenamiento para 130 m³.

Los lodos son mezclados con un agitador vertical de velocidad variable.

2.5.3.- Deshidratador De Lodos.

Del tanque de mezcla de lodos, succionan dos bombas tipo tornillo para conducir los lodos al equipo de deshidratación.

Para esta operación se diseño un equipo denominado filtro a banda, el cual tiene una capacidad de deshidratar lodos a 13,590 kgMS/día aproximadamente. El diseño de este equipo es de tipo compacto, gracias a la utilización del sistema de espesamiento, en el cual la concentración de lodos disminuyen su volumen traduciendo esto en equipos de deshidratación más compactos

Los lodos provenientes del tanque de mezcla, son adicionados con la adición de un polímero catiónico, el cual se inyecta en la descarga de las bombas que alimentan al filtro banda. Esta adición de polímero permite la formación de un floculo voluminoso fácilmente separable de agua intersticial.

El lodo mezclado, es alimentado por la base del floculador del filtro banda equipado con un agitador de velocidad variable, una vez floculado con el polímero, se vuelca directamente al módulo de presión que forma una zona de escurrimiento por gravedad.

La operación fundamental para llevar a cabo la filtración del lodo, es la presión que se aplica sobre las bandas filtrantes para obtener una torta de lodo deshidratado con un índice de sequedad lo mas elevado posible.

En esta primera etapa del trayecto, los lodos son repartidos por los peines y el primer rodillo en una etapa homogénea, al mismo tiempo se asegura un primer compactado. Esta disposición asegura una evacuación del agua contenida en los lodos.

Más adelante los lodos se introducen por una entrada ajustable en forma de cuña y quedan atrapados entre una tela inferior y una tela superior que aseguran una primera compresión progresiva hasta quedar lodo compactado debido a una tensión de las telas montadas sobre un tambor perforado que recibe el agua removida.

Las dos telas pasan seguidamente por una serie de rodillos donde sus pequeños diámetros permiten aumentar la presión de secado y al mismo tiempo se asegura un efecto que rompe la estructura de los lodos abriendo canales de drenaje en la torta y mejorando la deshidratación final.

A la salida, las dos telas se separan y la torta es desprendida por dos cuchillas. La alineación de las dos telas está asegurada por dos rodillos con desplazamiento angular controlados por pistones accionados con sensores neumáticos.

El lavado de las telas esta asegurado permanentemente por medio de agua a presión inyectada por medio de espreas.

Los lodos deshidratados son descargados sobre una banda transportadora de lodos y finalmente son captados en unos contenedores para disposición final.

El aumento de lodos fisicoquímicos debido a la precipitación de la sílice y magnesio, que mezclado con los biológicos, obtienen un producto final con un contenido de sólidos volátiles del orden del 20 %. Esta mezcla puede considerarse aceptable para uno de los criterios de reducción de volátiles, partiendo de la base de que los lodos biológicos al origen tienen una concentración inicial de 74 %. Por su bajo contenido de materia volátil, si estos biosólidos se someten a prueba de digestión la reducción en el contenido de sólidos volátiles será inferior al índice de la Norma Ecológica

2.5.4.- Tanque Receptor De Filtrados.

El agua sucia, producto del lavado de los filtros, es conducida directamente a este tanque de captación de filtrados, donde también son recibidas las corrientes procedentes del lavado del filtro banda y del proceso de espesamiento, para posteriormente enviarlos al inicio del inicio del sistema de tratamiento (tratamiento biológico).

CAPÍTULO 3.- OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA.

A continuación especificamos el equipo de control que se han considerado para la correcta operación de la Planta de Tratamiento de Agua.

3.1.- SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN.

El sistema de control y supervisión será a través de un control lógico programable (PLC), con sistema redundante en Comunicación, PLC's (CPU), y fuentes del PLC.

3.2.- INTERFASE HOMBRE MAQUINA.

La interfase hombre-maquina esta compuesta por:

- Una computadora personal Pentium III a 466 Mhz, 64 Mb de RAM disco duro de 4.3 GB, CD ROM 40X, monitor de 19 pulgadas, 128 K cache Windows NT.
- Mouse industrial Mca. Allen Bradley o similar.
- Impresora de matriz de puntos para reporte de alarmas.
- Software de adquisición de datos FIX DMAC's full funtion Scada Server, incluye red distribuida SCADA Gráficos de objetos Históricos DDE, Macros de exel y Bloques Batch.
- Tarjeta de interfase marca Allen Bradley o similar.

El sistema de control cuenta con una unidad de energía ininterrumpible de la capacidad necesaria para la operación de este sistema en respaldo a falla de la corriente eléctrica de operación normal.

3.3.- CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

El centro de control de motores, incluye los siguientes conceptos:

- Interruptor principal.
- Sistema de medición de voltaje y corriente.
- Las combinaciones de interruptor arrancador para alimentar los motores incluirán:
 - Interruptor termomagnético, 3 polos, adecuado a la capacidad del motor.
 - Contactor magnético, 3 polos, 600 Volts, de tamaño adecuado a la capacidad del motor.
 - Transformador de control relación 460/120 V, con dos fusibles de protección en el primario y uno en el secundario, de capacidad adecuada para el arrancador.
 - Relevador bimetálico tripular con ajuste adecuado a la capacidad del motor.
 - Lámparas indicadoras conectado-desconectado.
 - Botones pulsadores arrancar parar (si son requeridos por filosofía de operación).

CAPÍTULO 4.- ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS.

4.1.- DESARENADORES- DESENGRASADORES.

Cantidad	2 (Dos)
Material de fabricación	Acero al carbón
Tipo	Circular
Marca	Degrémont
Capacidad por equipo	200 m ³ /hr
Capacidad total de tratamiento	400 m ³ /hr
Área unitaria	12.6 m ²
Diámetro del equipo	4.0 m
Velocidad de diseño	15 m ³ /hr.m ²
Equipamiento:	
Rastra de superficie	2 (1 por equipo)
Motorreductor para rastra de superficie	2 (1 por equipo)
Compresor para Air-Lift	2 (1 por equipo)
Capacidad del compresor	40 N m ³ /hr
Bombas de inyección de aire	2 (1 por equipo)
Tipo de bombas	AEROFLOT
Modelo	F-321 (Degrémont)

4.2.- SISTEMA DE AEREACIÓN.

Numero de trenes	2 (Dos)
Constructor	Degrémont
Material de construcción tanque	Concreto armado
Características por tren:	
Largo total	36.0 m

Ancho total	15.0 m
Altura total	5.90 m
Volumen aireación por tren	2596 m ³
Volumen anoxia por tren	1140 m ³

Equipado con:

- Difusores de aire de burbuja fina tipo FLEXAZUR D-33, marca Degrémont, considerándose 880 difusores en total (440 por tren), diámetro de disco 330 mm, compuestos de una membrana en elastómero específico (EPDM) y elemento de fijación en polipropileno.
- 2 (dos) Agitadores sumergibles marca FLYGT, de 10 HP para zona anoxia, considerando un equipo para cada tanque, incluyendo accesorios de anclaje, estructura de apoyo, soportes y estructura para elevación.
- 4 (cuatro) Bombas tipo sumergibles marca FLYGT, de 25 HP para recirculación de licor mixto y extracción de lodos en exceso, capacidad: 496 m³/hr, presión descarga: 1.0 kg/cm², construida en fierro fundido, 440 V, 60 Hz, 3F, considerándose dos equipos por cada tanque (dos operando, dos en stand-by).
- 5 (cinco) Sopladores de aire marca Roots, de 75 HP, capacidad unitaria: 1,825 Nm³/hr, considerándose cuatro equipos operando, uno en stand-by. Cada equipo incluye filtro silenciador de entrada motor/soplador, silenciador de salida, válvula de alivio y válvula duo-check, manómetro, tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón, de los sopladores hasta la alimentación de aire a tanque de aireación.
- Medidor – transmisor de pH, tipo inmersión, basado en microprocesador, con señal de salida 4-20 mA, uno para cada tren.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en Acero al Carbón, considerando arreglo de colectores y ramales de distribución de aire en el interior de los tanques de aireación en material PPL.

- Analizador controlador de Oxígeno disuelto, con probeta detectora, uno por cada tanque.

4.3.- CLARIFICADOR SECUNDARIO.

Cantidad	2 (Dos)
Modelo	Degrémont P1R-2200
Material cuerpo	Concreto armado
Material internos	Acero al carbón
Fabricante	Degrémont

Características generales:

Diámetro	22.0 m
Área	380 m ²
Altura parte recta	3.5 m
Velocidad ascensional diseño	0.5 m ³ /hr.m ²

Cada equipo consta de:

- Accionamiento periférico para movimiento de rastras, modelo Degrémont incluyendo motorreductor.
- Un (1) conjunto de tabiques deflectores.
- Un (1) conjunto de vertedores.
- Un (1) puente barredor radial de fondo, con desplazamiento periférico para remover el lodo alojado en el fondo y rastra superficial radial para espumas.
- Un (1) conjunto de pasamuros de entrada y salida de agua, así como extracción de lodos.
- Un (1) conjunto barredor de lodos perimetral.
- Una (1) tolva para recolección de espumas.

Todos los internos están fabricados en placa de acero al carbón con recubrimiento epóxico.

4.4.- TANQUE DE CONTACTO DE CLORO.

Cantidad	1 (Uno)
Material de construcción	Concreto
Constructor	Degrémont
Numero de celdas	2 (Dos)
Dimensiones por celda:	
Largo x Ancho x Profundidad	13.0 m x 3.5 m x 2.5 m
Volumen útil por celda	100 m ³
Tiempo de residencia total	30 minutos
Volumen útil total del tanque	200 m ³

Incluye:

- Mamparas internas en concreto para la correcta operación de desinfección.
- Un analizador y controlador de Cloro residual, basado en microprocesador, análisis automático con un rango de 0 – 20 mg/lit, con señal de salida 4 – 20 mA.
- Cárcamo de bombeo para transferencia a tratamiento fisicoquímico construido en concreto a la salida de las celdas de contacto de cloro, con un volumen útil de 67 m³, incluyendo interruptores por alto y bajo nivel tipo pera.

4.5.- BOMBAS DE AGUA TRATADA.

Cantidad	3 (Tres)
Marca	Durco
Tipo	Centrífuga horizontal
Capacidad unitaria	3333 LPM

Presión de descarga	1.2 kg/cm ²
Material de construcción:	Fierro fundido ASTM A-48 35B
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 Hz, Aislamiento F

Se consideran dos bombas en operación, una bomba en stand-by.

Equipadas con:

- Protecciones detector de humedad en cámara de aceite y carcasa del estator, y térmicos en motor por sobretemperatura.
- Válvula de retención tipo check de 8" de diámetro, una pieza a la descarga de cada bomba.
- Válvulas de mariposa de 8" de diámetro, una pieza a la descarga de cada bomba.
- Indicador de presión (manómetro), una pieza por cada bomba.
- Indicador y transmisor de flujo en cabezal de alimentación a tanque de aireación.
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.6.- TURBOCIRCULATOR.

Cantidad	1 (Uno)
Material cuerpo	Concreto armado
Material internos	Ac. Carbón C/Rec.
Fabricante	Degrémont
Tipo	TCD-11
Diámetro	11.0 m
Altura parte recta	4.35 m
Capacidad del equipo	400 m ³ /hr
Velocidad de diseño	4.0 m ³ /hr.m ²

Equipada con:

- Medidor – transmisor de pH, tipo inmersión, basado en microprocesador, con señal de salida 4-20 mA.
- Analizador – Transmisor de dureza, principio de medición colorimétrico, con indicación analógica y señal de salida 4-20 mA.
- Turbina de agitación modelo HM 850, potencia instalada 1 HP, diámetro propela 850 mm.
- Accionamiento periférico, potencia instalada 1.0 HP, con limitador de esfuerzo.
- Rastra radial en acero al carbón con recubrimiento.
- Funda de distribución.
- Rastra de fondo para barrido de lodos.
- Pasarela metálica radial.
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.7.- BOMBAS DE EXTRACCIÓN FISICOQUIMICOS.

Cantidad	2 (Dos)
Tipo	Cavidad progresiva
Marca	NEMO
Capacidad	1-5 m ³ /hr
Presión de descarga	1.5 kg/cm ²
Potencia	2.0 H.P
Características eléctricas	460 V, 3F, 60 Hz

Se consideran una bomba en operación y una en stand-by.

Incluye:

- Motoreductor eléctrico con variador de velocidad manual.
- Switch por alta presión, uno para cada bomba.
- Switch de temperatura, uno para cada bomba.
- Válvulas, tuberías, y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.8.- TANQUE DE AGUA TRATADA Y AJUSTES DE pH.

Cantidad	1 (Uno)
Material	Concreto
Constructor	Degrémont

Dimensiones generales:

Largo	6.0 m
Ancho	6.0 m
Altura total	3.0 m
Volumen útil	100 m ³
T.R.H	15 minutos
Volumen total	108 m ³

Se incluye:

- Agitador vertical, materiales partes húmedas (flecha y propela) en acero inoxidable 316, montaje al centro del tanque sobre vigas.
- Medidor – transmisor de pH, tipo inmersión, basado en microprocesador, con señal de salida 4-20 mA.
- Interruptores de nivel tipo pera para alto y bajo nivel.

- Tuberías Válvulas y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.9.- BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A FILTROS.

Cantidad	3 (Tres)
Marca	Durco
Tipo	Centrífuga horizontal
Material de fabricación	Fierro fundido
Capacidad	1426 LPM
Presión descarga	3.7 kg/cm ²
Características eléctricas	460 V, 3F, 60 Hz

Se considera una bomba en stand-by.

Se incluye:

- Válvula mariposa de 6" de diámetro, una pieza a la succión y una de 4" a la descarga de cada bomba.
- Válvula de retención tipo check de 4" de diámetro, una pieza a la descarga de cada bomba,
- Indicador de presión (manométrica), una pieza por cada bomba.
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.10.- FILTROS VERTICALES DE ARENA.

Cantidad	6 (Seis)
Fabricante	Degrémont
Modelo	FV2B
Material de fabricación	ASTM A-516-Gr70
Diámetro	1,400 mm
Altura parte recta	1,600 mm
Capacidad por filtro	23.5 m ³ /hr
Área superficial/filtro	1.54 m ²
Velocidad de diseño	15 m ³ /hr.m ²
Presión de diseño	5 kg/cm ²
Tipo de tapas	Toriesféricas
Espesor de tapas	5/16" (7.9 mm)
Espesor envolvente	1/4" (6.35 mm)
Recubrimiento interior/exterior	Primer RP4 acabado epóxico

Material filtrante: Arena silicocuarzosa

TEN arena (1ra. Filtración)	0.55 minutos
TEN arena (2da. Filtración)	0.95 mm
Altura total lecho filtrante	950 mm

Requerimientos para el lavado de filtros.

Tiempo total de lavado	15 minutos
Flujo de aire (8 minutos)	85 Nm ³ /hr
Presión de aire	0.6 kg/cm ²
Caudal agua de lavado (8 minutos)	23 m ³ /hr
Presión agua	2.0 kg/cm ²
Volumen total agua de lavado	5.77 m ³

Se incluye:

- Válvulas mariposa automática tipo rotatoria de un cuarto de vuelta, para colocarse entre bridas, con actuador neumático de doble acción, con caja de switch y válvula solenoide en los diámetros y cantidades siguientes:

Entrada y salida de agua	Ø 3" 2 pzas/filtro
Entrada y salida agua de lavado	Ø 3" 2 pzas/filtro
Entrada de aire Ø 2" 1 pieza/filtro venteo	Ø 2" 1 pza/filtro

- Válvula mariposa manual de 2" para dren de cada filtro.
- 1 (Uno) interruptor de presión diferencial en cabezal de entrada-salida de la batería de filtros.
- Indicador de presión (manómetro), 2 por cada filtro (entrada-salida).
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.11.- TANQUE DE AGUA FILTRADA.

Cantidad	1(Uno)
Construcción	Metálica
Tipo	Atornillable

Dimensiones generales:

Diámetro	9.96 m
Altura total	12.2 m
Volumen útil (PCI)	800 m ³
Volumen total	950 m ³

Equipada con:

- Interruptores de nivel (por alto y bajo nivel).
- Tuberías, válvulas y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.12.- BOMBAS DE AGUA PARA LAVADO DE FILTROS.

Cantidad	3 (Tres)
Marca	Durco
Tipo	Centrifuga horizontal
Capacidad unitaria	517 LPM
Presión descarga	2.0 kg/cm ²
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 Hz

Se consideran dos bombas operando en etapa de lavado y una bomba en stand-by.

Se incluye:

- Válvula de mariposa de 3" una pieza a la succión de cada bomba, y una pieza de 3" a la descarga de cada bomba.
- Válvulas de retención tipo check de 3", una pieza a la descarga de cada bomba.
- Indicador de presión de cada bomba.
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón

4.13.- SOPLADORES DE AIRE PARA LAVADO DE FILTROS.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Roots
Tipo	Lóbulos

Capacidad	85 Nm ³ /hr
Presión de descarga	0.6 Bar
Motor tipo	TCCVE
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 Hz

Se considera un soplador en stand.by.

Se incluye:

- Base de acero estructural, motor/soplador.
- Filtro silenciador de entrada, motor/soplador.
- Silenciador de salida.
- Válvula de alivio y válvula duo-check.
- Manómetro.
- Tubería y accesorios de interconexión en acero al carbón de los sopladores hasta la alimentación de aire de filtros.

4.14.- REJA DE ESPESAMIENTO GDD.

Cantidad	1 (Uno)
Fabricante	Degrémont
Modelo	GDD-300
Ancho de rejilla	3,000 mm
Ancho total del equipo	3,100 mm
Largo total	4,000 mm
Altura total	1,850 mm
Peso total	1,600 mm

Construcción:

Material del chasis	A.I. 304
Tornillería	A.I. 304
Material de pailería en general	A.I. 304
Cadenas de accionamiento	Material de plástico
Rasquetas	Neopreno

Accionamiento rasquetas:

Potencia	1.5 Kw (2HP)
Incluye motoaviador de frecuencia	

4.15.- TANQUE DE MEZCLA DE LODOS.

Cantidad	1 (Uno)
Material	Concreto
Constructor	Degrémont

Materiales generales:

Largo	7.0 m
Ancho	7.0 m
Altura total	3.0 m
Volumen útil	130 m ³
Volumen total	147 m ³

Equipada con:

- Agitador vertical con motoreductor eléctrico y variador de velocidad, materiales partes húmedas (flecha y propela) en acero inoxidable 316, montaje al centro del tanque sobre viga pasarela metálica.
- Interruptores de nivel tipo capacitivo (alto y bajo nivel).
- Tuberías, válvulas y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.16.- BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE LODOS A FILTRO A BANDA.

Cantidad	2 (Dos)
Tipo	Cavidad progresiva
Marca	NEMO
Capacidad	10-20 m ³ /hr
Presión de descarga	1.5 kg/cm ²
Potencia	5.0 HP
Características eléctricas	460 V, 3F, 60 Hz

Se consideran una bomba en operación y una en stand-by.

Incluye:

- Motorreductor eléctrico con variador de velocidad manual.
- Switch por alta presión, uno para cada bomba.
- Switch de temperatura, uno para cada bomba.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

4.17.- FILTRO BANDA SUPERPRESS ST.

Cantidad	1 (Uno)
Fabricante	Degrémont
Modelo	SUPERPRESS

Dimensiones generales:

Largo total	4,920 mm
Ancho total	2,705 mm
Altura total	2,175 m

Características de telas:

Tela superior.

Largo por ancho	9,700 x 2,000 mm
Material	Poliéster de alto espesor

Tela inferior.

Largo por ancho	14,800 x 2,000 mm
Material	Poliéster de alto espesor

Equipado con:

- Agitador floculador, equipado con motoreductor marca USOCOME SEW, potencia: 0.5 HP.
- Accionamiento de telas, motoreductor marca USOCOME SEW, potencia: 0.75 HP.
- Módulo de escurrimiento.
- Espreas para lavado de telas.
- Módulo de prensado.
- Módulo de compactación.
- Dispositivo de tensado de telas.
- Dos bombas tipo centrífuga horizontal para lavado de telas del filtro banda, con una capacidad unitaria de 267 LPM y presión de descarga de 2.5 kg/cm²
- Un compresor de aire para alineamiento de telas, capacidad de 8 Nm³/cm².
- Banda transportadora de lodos, equipada con unidad motriz.

4.18.- FILTROS CARTUCHO.

Cantidad	2 (Dos)
Fabricante	Filvac
Material cuerpo	Ac. Inoxidable 316 L
Cartuchos de relleno	Polipropileno
Retención	5 micras
Capacidad máxima	70 m ³ /hr

Se incluye por filtro:

1 (uno) interruptor diferencial de presión.

Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión.

4.19.- ÓSMOSIS INVERSA.

Número de módulos.	2 (Dos)
• Descripción por módulos:	
Número de bancos	2 (Dos)
Arreglo	3:3:2
Membranas por tubo	6 (Seis)

Incluye por módulo:

Tubos de alta presión

Número de tubos por modulo	8
Número total de tubos	16
Marca de tubos	Code-Line

Membranas totales:

Número de membranas	96 Elementos
Marca	Hydranautics

Para cada módulo, se incluyen los siguientes conceptos:

• Válvulas reguladoras de flujo (por módulo).

Cantidad	1 (Una) por módulo
Marca	Masoneilan
Modelo	Camflex

• Indicador transmisor de conductividad (por módulo).

Cantidad	1 (Uno)
Marca	Fisher Rosemount

• Indicador transmisor de flujo (por módulo).

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Fisher Rosemount
Tipo	Ultrasónico

Incluye: Conexiones rápidas tipo Vitaulic, cabezales, válvulas de seccionamiento, válvulas de muestreo en acero inoxidable, celda diferencial de presión y manómetros en cabezales, tubería de interconexión en acero inoxidable.

SISTEMA DE LIMPIEZA.

• Tanque de lavado de membranas.

Cantidad	1 (Uno)
Material	F.V.R
Diámetro	2.0 m
Altura	3.5 m
Volumen útil	10 m ³
Volumen total	11 m ³

- Bomba De limpieza.

Cantidad	2 (Dos)
Tipo	Centrífuga horizontal
Marca	DURCO
Material partes húmedas	Fo.Fo.
Capacidad	455 LPM
C.D.T	3.5 kg/cm ²

- Filtros cartucho (sistema de limpieza).

Cantidad	1 (Uno)
Fabricante	Filvac
Material cuerpo	Acero Inox. 316 SL
Cartuchos de relleno	Polipropileno hilado

Incluye: Válvulas, tubería y conexiones en poliéster con fibra de vidrio.

4.20.- TANQUE DE TRANSFERENCIA AGUA OSMOSADA.

Cantidad	2 (Dos)
Material	Ac. Al carbón (tipo atornillable)
Diámetro	16.7 m
Altura	9.7 m
Volumen útil	2,000 m ³
Volumen total	2,100 m ³

Se incluye:

- Recubrimiento interior thermo Thane 7000 adecuado para las condiciones y características del agua en tratamiento, el recubrimiento exterior es de 2 capas: Primer de Poliamid epóxico y cubierta de esmalte acrílico.
- Base inferior y tapa superior.

4.21.- BOMBAS DE TRANSFERENCIA A LECHOS MIXTOS.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	DURCO
Tipo	Centrifuga horizontal
Capacidad unitaria	595 LPM
Presión de descarga	3.5 kg/cm ²
Material de construcción	Fierro fundido

4.22.- LECHOS MIXTOS.

Cantidad	2(Dos)
Fabricante	Degrémont
Material de fabricación	ASTM-516 G 70
Recubrimiento interior	Ahulado 5 mm
Diámetro	1.7 m
Altura parte recta	2.5 m
Flujo total de entrada	70 m ³ /hr
Duración de la corrida	1.5 días (36Hrs)
Área superficial por equipo	2.26 m ²
Velocidad superficial diseño	30 m ³ /hr.m ²
Presión de diseño	5 kg/cm ²

Marca de resinas	R & H
Tipo resina catiónica	Ambersep 132
Volumen resina catiónica	1,100 litros
Tipo de resina inerte	Ambersep 359
Volumen resina catiónica	1650 litros
Tipo de resina aniónica	Ambersep 440
Volumen resina aniónica	1,650 litros

Equipado con:

- Válvulas con recubrimiento ahulado interior, tuberías y accesorios de interconexión en Poliéster con fibra de vidrio.
- Instrumentación (interruptores de presión diferencial, medidores de flujo, analizadores de conductividad y sílice).

4.23.- TANQUE DE AGUA DESMINERALIZADA.

Cantidad	1 (Uno)
Construcción	Metálica
Tipo	Atornillable

Dimensiones generales:

Diámetro	9.96 m
Altura total	13.0 m
Volumen útil	1,000 m ³
Volumen total	1,015 m ³

Se incluye:

- Interruptores de nivel (por alto y bajo nivel).
- Tuberías y accesorios de interconexión poliéster con fibra de vidrio, válvulas acero al carbón con recubrimiento interior ahulado.
- Recubrimiento interior thermo Thane 7000 adecuado para las condiciones y características del agua en tratamiento, el recubrimiento exterior es de dos capas: primer de Polyamid epóxico y cubierta de esmalte acrílico.
- Base inferior y tapa superior.

4.24.- BOMBAS DE TRANSFERENCIA AGUA DESMINERALIZADA.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	DURCO
Tipo	Centrifuga horizontal
Capacidad unitaria	1800 LPM
Presión de descarga	6.0 kg/cm ²
Material de construcción:	Fierro fundido ac. Inox. 316

4.25.- TANQUE DE NEUTRALIZACIÓN.

Cantidad	1 (Uno)
Material	Concreto
Constructor	Degrémont

Dimensiones generales:

Largo	3.0 m
Ancho	3.0 m

Altura total	2.5 m
Volumen útil	18 m ³
Volumen total	22.5 m ³

4.26.- DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS.

a).- Sosa (NaOH).

El sistema de dosificación de NaOH estará formado por:

1.- Tanque De Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento de NaOH, está construido en acero al carbón, con un volumen de capacidad útil de 15 m³, para un tiempo de autonomía de 15 días, de forma cilíndrico vertical, con tapa superior y fondo plano, equipado con eliminador de CO₂, vasija de decantación indicador visual de nivel, interruptor de nivel y resistencia eléctrica de calentamiento, incluyendo:

- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

2.- Bombas Dosificadoras.

	NaOH (Aereación)	NaOH (Regeneración)
Cantidad	2 (Dos)	2 (Dos)
Tipo	Diafragma	Diafragma
Marca	Milton Roy	Milton Roy
Capacidad	27-43 LPH	290-450 LPH
Presión descarga	2 kg/cm ²	

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Control de operación automático para bombas a sistema de aereación, y control manual para bombas de regeneración.
- Amortiguador de pulsaciones.
- Tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

b).- Gas Cloro (A Tanque De Contacto De Cloro).

El sistema de dosificación de gas cloro, estará integrado por:

- Regulador de gas cloro operado a vacío para montaje en tanque de 908 kg, incluye trampa de goteo con un calentador de 25 Watts, 120 VAC, 60 Hz, capacidad de 100 Lbs/día, tipo panel de control.
- Rotámetro en panel, capacidad de 100 Lbs, escala de 0 a 100 Lbs/día (0-2.0 kg/hr).
- Eyector incluyendo garganta y tobera con capacidad máxima de 100 Lbs/día (2.0 kg/hr).
- Bomba de ayuda, para vencer una presión de 20 psi, maraca Durco, tipo centrifuga horizontal, materiales de construcción: válvula de cebado, guarda coples y flecha en acero inoxidable 304, cámara de succión y descarga, asiento del motor y acoplamiento en Hierro fundido.
- Cilindro de acero para cloro gas de 908 kg de capacidad, incluyendo válvula para cloro, fusibles de seguridad, protector de válvulas, tipo de cabezas semielípticas, diámetro exterior: 750 mm, altura 2.08 m, con soportes tipo rodillo, polipasto manual para maniobras de tanque, barra de sujeción de tanque, detector de fugas de cloro.
- Válvula de control automático por flujo para gas cloro, válvulas tuberías y accesorios de interconexión.

c).- Cloruro Ferrico.

1.- Tanque De Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento para solución comercial de Cloruro Férrico (FeCl_3), está construido en FVR, con un volumen útil de capacidad de 2.5 m^3 , para un tiempo de autonomía de 10 días, de forma cilíndrico vertical con tapa superior y fondo plano equipado con interruptor de nivel, incluyendo:

- Válvulas en PVC.
- Tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

2.- Bombas Dosificadoras.

	FeCl_3 (Turbocirculator)	FeCl_3 (Filtración)
Cantidad	2 (Dos)	2 (Dos)
Tipo	Diafragma	Diafragma
Marca	Milton Roy	Milton Roy
Capacidad	7-9 LPH	5-8 LPH
Presión descarga	2 kg/cm^2	

Características eléctricas para cada bomba: 40 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Control de operación manual.
- Amortiguador de pulsaciones.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

d).- Polímero Aniónico (Dosificación En Turbicirculator).

1.- Tanque De Preparación.

Dos tanques de preparación para la solución de polímero catiónico, construidos en FVR, con un volumen útil de capacidad de 750 litros, para un tiempo de autonomía de 12 horas cada uno de forma cilíndrico vertical y fondo plano, equipada con interruptor de nivel, incluyendo:

- Válvulas en PVC.
- Tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

2.- Agitador De Preparación.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Philadelphia
Tipo	Vertical
Material partes húmedas	Acero inoxidable 316
Número de impulsores tipo de impulsor	1 (Uno)
Tipo de impulsor	Propela
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 H

3.- Bombas Dosificadoras.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Milton Roy
Tipo	Diafragma
Operación	Manual
Capacidad	40-60 LPM
Presión descarga	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Control de operación manual.
- Amortiguador de pulsaciones.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

e).- Cal (Dosificación En Turbocirculator).

El sistema de dosificación de lechada de cal (Ca(OH)_2) esta integrada por:

1.- Silo De Almacenamiento De Cal (Ca(OH)_2).

El silo de almacenamiento de cal, estará construido en acero al carbón, capacidad de almacenamiento de 58 m^3 , autonomía para 7 días, fondo cónico con pendiente de 60° , equipada con:

- Tolva rompesacos y soplador de aire.
- Colector de polvos tipo bolsas.
- Vibrador electromagnético.
- Válvula Rotatoria para dosificación de cal, capacidad: 100-200 kg/hr.
- Válvulas de tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

2.- Tanque De Preparación De Lechada De Cal.

El tanque de preparación para la lechada de cal, está construido en acero al carbón, con un volumen útil de capacidad de 1.3 m³, para un tiempo de autonomía de 30 minutos, de forma cilíndrico, vertical y fondo plano, equipado con interruptor de nivel, incluyendo:

- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

3.- Agitador De Preparación.

Cantidad	1 (Uno)
Marca	Philadelphia
Tipo	Vertical
Material partes húmedas	Acero inoxidable 316
Numero de impulsores	2 (Dos)
Tipo de impulsor	Propela
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 Hz

4.- Bombas Dosificadoras De Lechada De Cal.

Cantidad	2 (Dos)
Tipo	Cavidad progresiva
Marca	NEMO
Capacidad	3-6 m ³ /hr
Presión descarga	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

f).- Carbonato De Sodio (Dosificación En Turbocirculator).

El sistema de dosificación de carbonato de sodio esta integrado por:

1.- Silo De Almacenamiento De Carbono.

El silo de almacenamiento de cal está construido en acero al carbón, capacidad de almacenamiento de 50 m³, autonomía para 15 días, fondo cónico con pendiente de 60°, equipada con:

- Tolva rompesacos y soplador de aire. (Se utilizará el mismo equipo que se especifica para la cal).
- Colector de polvos tipo bolsas.
- Vibrador electromagnético.
- Válvula rotatoria para dosificación de carbonato, capacidad: 50-100 kg/hr.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

2.- Tanque De Preparación De Lechada De Carbonato.

El tanque de preparación para la lechada de cal, está construido en acero al carbón, con un volumen útil de capacidad de 1.0 m³ para un tiempo de autonomía de 30 minutos, de forma cilíndrico vertical y fondo plano, equipado con interruptor de nivel, incluyendo:

- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

3.- Agitador De Preparación.

Cantidad	1 (Uno)
Marca	Philadelphia
Tipo	Vertical
Material partes húmedas	Acero inoxidable 316
Número de impulsores	2 (Dos)
Tipo de impulsor	Propela

Características eléctricas

440 V, 3F, 60 Hz.

4.- Bombas Dosificadoras De Lechada De Carbonato.

Cantidad	2 (Dos)
Tipo	Cavidad Progresiva
Marca	NEMO
Capacidad	0.5-1.5 m ³ /hr
Presión descarga	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

g).- Ácido Sulfúrico (H₂SO₄).

El sistema de dosificación de H₂SO₄, estará formado por:

1.- Tanque De Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento de H₂SO₄, está construido en acero al carbón, con un volumen útil de capacidad de 10 m³ para un tiempo de autonomía de 15 días, de forma cilíndrico vertical, con tapa superior y fondo plano, equipada con desecador, vasija de decantación indicador visual de nivel e interruptor de nivel, incluyendo:

2.- Bombas Dosificadoras.

	H₂SO₄ (Ajuste de pH)	H₂SO₄ (Regenerante)
Cantidad	2 (Dos)	2 (Dos)
Tipo	Diafragma	Diafragma
Marca	Milton Roy	Milton Roy
Capacidad	20-30 LPH	125-193 LPH
Presión descarga	2 kg/cm ²	

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Control de operación automático para bombas de ajuste de pH y control manual para bombas de regeneración. (Las bombas de ajuste de pH, servirán también para realizar la neutralización de regenerantes de lechos mixtos, mediante un arreglo de tuberías).
- Amortiguador de pulsaciones.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en acero al carbón.

h).- Polímero Catiónico (Dosificación En Tratamiento De Lodos).

1.- Tanque De Preparación.

Se consideran dos tanques de preparación para la solución de polímeros, construidos en FVR, con un volumen útil de capacidad de 10 m³ cada uno, para un tiempo de autonomía de 12 horas cada uno, de forma cilíndrica vertical y fondo plano, incluyendo:

- Interruptores de nivel tipo pera.
- Válvulas en PVC.
- Tuberías, accesorios de interconexión en PVC.

2.- Agitador De Preparación.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Philadelphia
Tipo	Vertical
Material parte húmedas	Acero inoxidable 316
Numero de impulsores	1 (Uno)

Tipo de impulsor	Propela
Características eléctricas	440 V, 3F, 60 Hz

3.- Bombas Dosificadoras.

	GDD-3000	Filtro banda
Cantidad	2 (Dos)	2 (Dos)
Marca	NEMO	NEMO
Tipo	Tornillo	Tornillo
Operación	Variador manual	Variador manual
Capacidad	1-2 m ³ /hr	2-5 m ³ /hr
Presión descarga	2 kg/cm ²	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

i).- Anti-incrustante.

1.- Tanque De Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento para solución comercial de anti-incrustante, ésta construido en FVR, con un volumen útil de capacidad de 500 litros, de forma cilíndrico vertical con tapa superior y fondo plano, equipado con interruptor de nivel, Incluyendo:

- Válvulas en PVC.
- Tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

2.- Bombas Dosificadoras.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Milton Roy
Tipo	Diafragma
Operación	Automática
Capacidad	0.3-0.5 LPH
Presión descarga	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Amortiguador de pulsaciones.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en PVC.
- Control de operación Manual.

j).- Bisulfito.

1.- Tanque De Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento para solución comercial de bisulfito, está construido en FVR, con un volumen útil de capacidad de 500 litros, de forma cilíndrico vertical con tapa superior y fondo plano, equipado con interruptor de nivel, incluyendo:

- Válvulas en PVC.
- Tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

2.- Bombas Dosificadoras.

Cantidad	2 (Dos)
Marca	Milton Roy
Tipo	Diafragma
Operación	Automática
Capacidad	0.3-05 LPH
Presión descarga	2 kg/cm ²

Características eléctricas para cada bomba: 440 V, 3F, 60 Hz.

Se incluye:

- Control de operación manual.
- Amortiguador de pulsaciones.
- Válvulas, tuberías y accesorios de interconexión en PVC.

CAPÍTULO 5.- ANEXOS.

5.1.- EFECTOS DE LAS IMPUREZAS EN LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.

Las acciones más perjudiciales y más importantes para los procesos de una central termoeléctrica debidas a las impurezas del agua que deben ser evitadas con el tratamiento adecuado son las siguientes:

- Incrustaciones.
- Corrosiones.
- Fragilidad cáustica.
- Arrastres y formación de espumas.

5.1.1.- Incrustaciones.

Se deben fundamentalmente a las sales de Calcio y Magnesio, presentes en el agua en cantidades apreciables, que por calentamiento se concentran y precipitan, formando depósitos duros y térmicamente aislantes. Estos compuestos de calcio y magnesio, ocasionalmente se cementan con Sílice. Incluso en condiciones severas se pueden construir silicatos complejos y óxidos de hierro y cobre mezclados.

Los efectos directamente ocasionados son:

- Reducción de coeficiente de transmisión del calor.
- Reducción de la sección libre del paso del fluido.
- Rotura de tubos de agua por sobrecalentamiento.

La solución preventiva consiste en eliminar o reducir al máximo, el contenido de estas sales en el agua de alimentación, mediante procedimientos adecuados.

5.1.2.- Corrosiones.

Son ocasionados principalmente por el oxígeno disuelto en el agua, por el dióxido de carbono libre o por ácidos minerales.

La consecuencia siempre es una disolución del metal (en caldera de recuperación, tuberías, etc.) y, por tanto, pérdida de espesor y resistencia mecánica del material, además de formación de sedimentos que pueden acumularse en determinados puntos produciendo efectos perjudiciales.

La solución consiste en eliminar los ácidos minerales totalmente dentro del proceso de tratamiento de agua de aporte, y reducir los gases libres al mínimo, en especial el oxígeno disuelto y el dióxido de carbono. En este caso, estos gases se reducen fuertemente en el condensador, quedando en pequeñas cantidades, para lo que ésta necesario un acondicionamiento químico en distintas etapas del ciclo agua-vapor de la central termoeléctrica

5.1.3.- Fragilidad cáustica.

Esta se produce en puntos donde el metal trabaja a altas tensiones y además existe una elevada concentración de hidróxidos alcalinos.

Generalmente se produce una rotura ínter cristalina del metal. Se evita con un acondicionamiento adecuado del agua en el interior de la caldera (tratamiento coordinado).

5.1.4.- Arrastres y formación de espumas.

Se debe químicamente a la presencia excesiva de sólidos disueltos o en suspensión, de alta alcalinidad y presencia de aceite y materia orgánica. También puede producirse por alta velocidad de vaporación.

Las consecuencias son sobrecalentamientos erráticos por depósitos de sustancias en zonas de vapor y, depósitos de productos en alabes de turbina.

Se evita manejando la purga adecuadamente; con separadores mecánicos en el calderín, manteniendo el nivel del calderín bajo, no sobrepasando la vaporización máxima o en caso extremo con adición de antiespumantes orgánicos.

5.2.- PARÁMETROS FUNDAMENTALES.

A continuación se exponen los parámetros más fundamentales que definen cada tipo de impurezas.

De acuerdo a la dureza, las aguas se clasifican en:

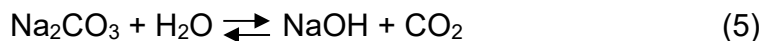
Dulce	$0 \leq \text{ppm} \leq 150$
Duras	$150 < \text{ppm} \leq 220$
Muy duras	$220 < \text{ppm} \leq 350$
Durísima	$350 < \text{ppm}$

5.2.1.- Alcalinidad.

La alcalinidad o basicidad del agua, es decir, el aumento de oxhidrilos sobre el estado neutro o, lo que es lo mismo, la disminución de hidrogeniones por debajo del estado neutro, puede ser provocada por bases que al ionizar dan los correspondientes oxhidrilos, o también puede ser provocada por sustancias neutras por naturaleza, las cuales provocan reacciones que dan como resultado la aparición de unos oxhidrilos que ellas mismas no poseen.

A las sustancias que le ocurren esto se les dice que tienen “reacción alcalina”. Entre ellas se encuentra el Carbonato de sodio (Na_2CO_3), el sulfito de sodio (Na_2SO_3) y el fosfato trisódico, el cual puede ser Anhidro (Na_3PO_4) o tener agua en su composición como el fosfato trisódico comercial ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Así por ejemplo, el carbonato de sodio reacciona con agua según la ecuación.



Produciendo Sosa Cáustica, causa de la reacción alcalina, como en este caso, una sal reacciona con el agua en que se disuelve, este fenómeno es llamado hidrólisis.

La medición de la alcalinidad tiene por objeto establecer un número que permita conocer la posibilidad de que el agua pueda defenderse contra un descenso de pH.

Para ello se han establecido el índice sódico y el índice de alcalinidad de los cuales se puede decir que mientras el pH mide la acidez o la alcalinidad actual, estos miden la acidez o la alcalinidad potencial, siendo necesario recurrir a ellos cuando el $\text{pH} > 9$.

El índice sódico (i), en el que se toman en cuenta el hidróxido de sodio, el carbonato de sodio, el sulfito de sodio y el fosfato trisódico, se calcula con la fórmula siguiente.

$$Is = \text{NaOH} + \frac{\text{ppm}(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{4.5} + \frac{\text{ppm}(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{4.5} + \frac{\text{ppm}(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O})}{1.5} \quad (6)$$

Se entiende por índice de alcalinidad de un agua alcalina, la cantidad necesaria de centímetros cúbicos de disolución decimonormal de ácido para poder neutralizarla.

Se distingue el índice de alcalinidad a la fenoftaleína (P), del índice de alcalinidad al metilnaranja (M), con el fin de deducir las alcalinidades, es decir, el número de ppm de hidróxido de sodio, carbonato de sodio y de bicarbonato de sodio que contiene el agua problema.

5.2.2.- Grado de acidez pH.

El pH da el grado de acidez de un medio. En las aguas utilizadas en instalaciones industriales, este deberá controlarse de acuerdo con las características de los materiales utilizados y con otros parámetros (carácter incrustante o corrosivo del agua), de manera que existirá un pH óptimo para cada proceso.

El pH de una solución acuosa se determina por uno de los siguientes métodos:

a) *Electrométrico:*

Se funda en las pilas de concentración cuyo funcionamiento viene regido por la ley de Nernst. En las cuales la fuerza electromotriz generada (medida en milivoltios por su pequeño valor) es directamente proporcional al pH de la solución acuosa utilizada.

Este método es el más comúnmente utilizado dada su sencillez en el manejo, así como la brevedad con que se obtiene su medición.

Los medidores de pH para indicación o registro continuo, se fundamentan en este método.

b) *Colorimétrico:*

Se funda en el conocimiento y empleo de los indicadores, los cuales son sustancias orgánicas empleadas en disolución muy diluida, para evitar influencia en el líquido problema.

Estos tienen la propiedad de cambiar de color en medio ácido o alcalino, debido a

que su molécula disociada y aquél de sus iones que permanece después de la acción del ácido, o de la base, son de distinto color.

5.2.3.- Salinidad.

Se refiere a la cantidad total de sustancias disueltas en el agua, la cual se puede medir por tres métodos: desecación, determinación de la densidad y determinación de la conductividad.

a) Método por desecación:

Es el método más preciso, pero tiene el inconveniente de ser muy lento ya que requiere llevar a sequedad una muestra de agua y pesar posteriormente el residuo.

b) Método por medida de la densidad:

Es un método muy poco preciso y que emplear solamente cuando se tiene un contenido salino muy elevado.

c) Método por determinación de la conductividad:

Con este método se conoce el aporte del conjunto de sales a la conductividad total, pero no de que sales se trata ni la cantidad de cada una de ellas.

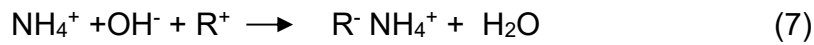
Es la más habitual y rápida, esta medición se fundamenta en la variación que sufre la conductividad con la variación de la concentración de sales disueltas (electrolitos), que son un conductor de segunda especie.

La medida se realiza con el conductímetro, el cual es un puente de Wheatstone alimentado por corriente alterna.

El equipo mide la conductividad específica (N), que es proporcional a la conductividad de todas las sales disueltas (aniones y cationes. La unidad de medida en aguas muy puras $\mu\text{mho/cm}$ ó siemens/cm).

Es muy interesante medir la conductividad catiónica, que es la conductividad resultante después de pasar la disolución en cuestión, por un lecho de resinas catiónicas. El objeto de todo es eliminar algunos cationes del medio, de los cuales se conoce su presencia, que pueden enmascarar las impurezas que realmente interesa controlar. Al eliminar los cationes, quedan en la disolución los ácidos correspondientes a las sales de procedencia, aumentando así el valor de la conductividad.

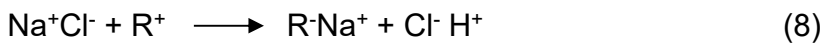
Por ejemplo, el amoníaco, que se presenta como $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ al entrar en la columna catiónica da la siguiente reacción:



Dando una consiguiente disminución en la medida de la conductividad.

Por otra parte, mejora la sensibilidad a la medida de salinidad y dureza debido a la formación de los ácidos respectivos.

Por ejemplo, el cloruro de sodio:



Como la conductividad de los hidrogeniones (H^+) es cinco o más veces mayor que la de los iones metálicos (Na^+), la sensibilidad de la medida se ve mejorada, siendo más fácil detectar las variaciones en el contenido de impurezas.

5.2.4. Materia en suspensión.

A efectos de tratamiento de aguas es importante conocer el contenido de la materia en suspensión en el agua cruda.

La materia en suspensión y coloidal debe eliminarse mediante coagulación-floculación y posterior filtración. Conviene conocer dicha materia, a fin de ajustar los reactivos a utilizar.

5.2.5.- Turbiedad.

Este parámetro da una idea del contenido de materias coloidales en el agua, tanto de origen mineral como orgánico. Esta relacionado con la transparencia y, es indispensable su conocimiento en el análisis de un tratamiento.

5.2.6.- Color.

El color verdadero se debe generalmente a la presencia de materias orgánicas disueltas o. coloidales. Es por tanto otro parámetro importante para el estudio de tratamientos de agua.

No existe una relación entre el color y el contenido de materia orgánica, pues esta puede ser o no coloreadas.

El método más empleado para su medición es el del platino-cobalto y, se compara el agua a analizar con soluciones de platino-cobalto de diferentes concentraciones conocidas. El color de estas soluciones se expresa por la concentración de platino en ppm.

5.2.7.- Agresividad.

El conjunto de los factores ambientales que actúan sobre la corrosión de un elemento se denomina agresividad. La agresividad de un líquido respecto a un metal se define como el peso que pierde éste por unidad de superficie, durante un tiempo determinado al sumergirse en dicho líquido.

En la tabla 1 se da la agresividad relativa de diversas sales en disolución acuosa 0.01 N respecto al agua pura, que se toma igual a la unidad. Se observa que los cloruros son más agresivos que los sulfatos y que de todos ellos el más agresivo es el cloruro de magnesio.

Disolución de cloruro de sodio	31.1
Disolución de sulfato de sodio	18.8
Disolución de cloruro de calcio	19.0
Disolución de sulfato de calcio	10.5
Disolución de cloruro de magnesio	51.5
Disolución de sulfato de magnesio	20.5
Agua pura	1.0

Tabla 1.- Agresividad relativa de las sales en disolución acuosa.

En la figura 1 se representa la velocidad de agresividad con el pH para aceros al carbono, en la cual se observa un mínimo para pH comprendido entre 9 y 10.

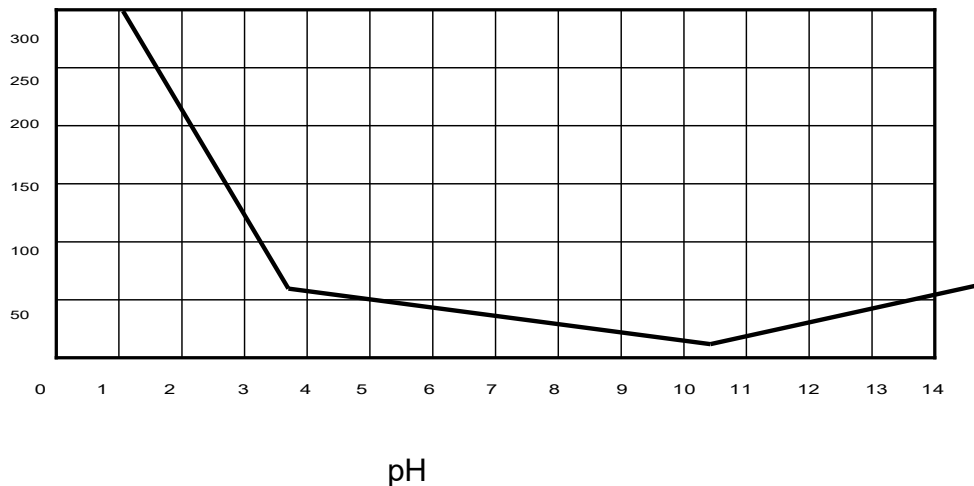


Figura 1.- Agresividad de las soluciones para aceros al carbono, de acuerdo al pH

Los coloides son partículas de tamaño inferior a 0.2 micras que no pueden ser retenidas por filtración y que pueden permanecer en suspensión por tiempo indefinido, además poseen carga eléctrica del mismo signo, lo cual impide que se aglomeren entre sí. En las aguas naturales los coloides poseen normalmente carga negativa.

Para tal efecto se emplea la dosificación de Cloruro Férrico (FeCl_3) en la línea de alimentación al descarbonatador, este anula las fuerzas repulsivas o actúa sobre la hidrofilia de las partículas coloidales por medio del catión, una aglomeración de los coloides "descargados" que resulta de diversas fuentes de atracción entre partículas puestas en contacto, conduce a un tamaño suficiente de los flóculos que precipitan más fácilmente.

El Cloruro Férrico es indispensable para aumentar la densidad de los lodos de CaCO_3 en el Clarificador/Descarbonatador.

Es frecuente usar el cloruro férrico con cal en ablandamiento o descarbonatación, la

reacción es:



El precipitado voluminoso es el Fe(OH)_3 . Se dosifican de 5 a 50 g/m³ del producto comercial (generalmente líquido) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Se necesita como un medio más de cal que de cloruro férrico.

5.3.- CONCEPTO DE FLOCULACIÓN.

Es el fenómeno por el cual las partículas descargadas por la coagulación, se aglomeran dando lugar a flóculos, de mayor tamaño y densidad que cada vez más voluminosos absorben y arrastran las impurezas en suspensión capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento.

Su principal función es aumentar la velocidad de sedimentación.

Para esta operación se adiciona al agua del Clarificador/Descarbonatador un floculante orgánico sintético identificado como polímero aniónico.

Cristales de CaCO_3 ya precipitados, alcanzando el equilibrio en varios minutos. Como la precipitación se efectúa sobre los cristales, estos tienden a aumentar su volumen y la velocidad de sedimentación, disminuyendo las dimensiones de los decantadores.

Esto es solo válido si la superficie de los cristales de CaCO_3 se encuentra suficientemente limpia. La presencia de coloides orgánicos puede impedir la cristalización, y por ello se añaden reactivos coagulantes como Cloruro Ferrico con el fin de eliminar estos coloides.

5.4.- INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE ÓSMOSIS INVERSA.

Para comprender el concepto de ósmosis inversa es necesario conocer y entender los siguientes conceptos básicos:

5.4.1.- Concepto de Ósmosis (Ósmosis directa).

La ósmosis es un proceso natural que ocurre en todas las células vivas. La ósmosis permite la vida del reino vegetal y del reino animal, incluyendo a los seres humanos, al inducir que el agua fluya por difusión desde zonas donde se encuentra relativamente pura, con baja concentración de sales, a zonas donde se encuentra con altas concentraciones a través de una membrana semipermeable. En pocas palabras es la extracción de agua pura del medio ambiente.

5.4.2.-Concepto de Membrana semipermeable.

Es cualquier membrana animal, vegetal ó sintética en la que el agua puede penetrar y traspasar con mucha más facilidad que los otros componentes que se encuentran en solución en la misma.

Por ejemplo, las raíces de las plantas permiten extraer del suelo el agua por el proceso de ósmosis. El agua que se encuentra en el suelo relativamente pura, pasa por difusión a través de las membranas de las raíces para diluir la alta concentración de sales que normalmente tiene la savia de la planta, ya que a esta el agua se le evapora continuamente por las hojas. El objetivo de la ósmosis natural es permitir que los seres vivos puedan absorber o chupar agua del medio ambiente.

5.4.3.- Concepto de Ósmosis inversa.

Este es un proceso inventado por el hombre en el cual se invierte el fenómeno de la ósmosis natural. Como ya mencionamos, el objetivo de la ósmosis natural es absorber y en efecto contaminar agua pura. El objetivo de la ósmosis inversa es obtener agua pura de agua relativamente impura o salada. Esto se logra separando un caudal de agua contaminada con sales a un caudal de agua pura. En el proceso de la ósmosis inversa, se le aplica presión a la solución que tiene más alta concentración de sales y se hace pasar a través de una membrana semipermeable sintética y así se fuerza a obtener un caudal inverso de agua pura.

La ósmosis inversa es un proceso continuo que siempre tiene tres corrientes diferentes de agua, una de entrada y dos de salida. De las tres ya mencionamos dos, El agua contaminada con sales (agua de alimentación), el agua pura (agua producto), pero existe otra corriente de agua en un equipo de ósmosis inversa que consideramos la más crítica: el rechazo o concentrado. Esta corriente arrastra continuamente casi todas las sales y demás contaminantes que rechaza la membrana. Las sales que se encuentran en solución a punto de saturarse, se extraen del sistema acarreadas por dicho caudal de rechazo. Como podemos ver, la ósmosis inversa es también un concentrador de sales, que además de sales el rechazo contiene en suspensión concentrada de materia orgánica, virus, bacterias, algas y demás impurezas que contiene el agua de alimentación.

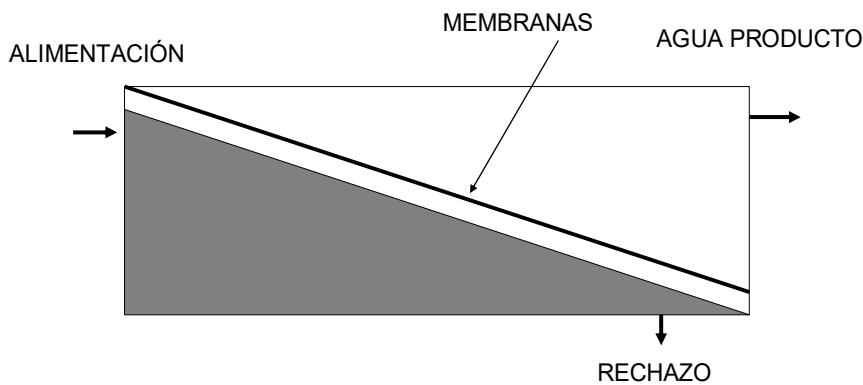


Figura 2.-Esquema del proceso de ósmosis inversa.

Existen 5 principales factores que afectan a una membrana de O.I.

- A.- Presión.
- B.- Hidrólisis.
- C.- Bacterias.

D.- Temperatura.

E.- Oxidación.

F.- Dureza.

A. La presión excesiva tiende a deformar o deformar a la membrana. La deformación causa que la membrana sea menos porosa provocando un decremento en el flujo de producto.

B. La hidrólisis es un ataque químico por cambio de pH y temperatura. Esto ocurre cuando la temperatura es alta y el pH está por debajo de 3 o por arriba de 8. Para una óptima operación, el valor de PH debe ser entre 5 y 6.

C. Las bacterias tienden a instalarse y crecer en la membrana. Esto daña irreversiblemente a la capa de rechazo de sales de la membrana y permite el paso relativamente libre de sales e impurezas.

D. Una temperatura por encima de los 40 °C deberá evitarse ya que, según aumenta el agua puede permear a través de la membrana más fácilmente. La presión disminuye un 5 % por cada grado que aumente la temperatura.

E. Los oxidantes a la larga dañan a las membranas de ósmosis inversa y, por lo tanto, conviene controlar el exceso de éstos. La oxidación por cloro es la más común, el nivel residual de cloro se deberá reducir a cero para alargar la vida útil de la membrana.

F. La dureza es uno de los problemas más comunes que ocurren en la operación del equipo O.I. Los iones de Calcio y Magnesia (causantes de la dureza) tienden a depositarse en la membrana, éstos tapan a al superficie de la membrana ocasionando que bajen los niveles de producción del equipo.

5.4.4.- Definiciones y Términos De Los Parámetros De La Ósmosis Inversa.

Agua de alimentación: Agua con que se alimenta al equipo de O.I.

Agua producto: Agua pura producida por el equipo de O.I.

Agua de Rechazo: Agua de desecho de la O.I. Que va directo al drenaje.

Membrana: Se refiere a la membrana de O.I.

GDP (galones por día): Medida estándar en que es medida la capacidad de producción de agua producto en un equipo de O.I.

PPM (partes por millón): Método en que es medida la calidad de agua producto.

% de recuperación: Cantidad de agua de alimentación que es recuperada por la membrana de O.I. En forma de agua producto. Por ejemplo, si se introducen 100 galones como agua de alimentación, y de estas se producen 60 galones como agua producto y 40 como rechazo, entonces se dice que la recuperación es de 60 %.

% de rechazo: Porcentaje de sales y minerales que son rechazadas por la membrana en relación con el agua de alimentación.

5.4.5.- Tabla de principales componentes químicos que afectan las membranas de O.I.

Componente	Efectos que produce	Modos de controlar
Calcio(Ca ⁺⁺) y alcalino-térreos pesados(Sr ⁺⁺ y Ba ⁺⁺)	Forma incrustaciones en las membranas con el CO ₃ y el SO ₄	Evitar altas concentraciones de este catión y tratarse con antiincrustantes
Magnesio (Mg ⁺⁺)	Similar a los anteriores pero más soluble que ellos	Igual que los anteriores. Además puede eliminarse por lavado sencillo de las membranas (Flushing)
Sodio (Na ⁺) y potasio (K ⁺)	A altas concentraciones afecta a la calidad del producto (son difíciles de rechazar)	Mantener alto los flujos de rechazo
Carbonato (CO ₃ ⁻) y Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	Forma incrustaciones con el calcio y el magnesio	Dosificando ácido al agua de alimentación de O.I.
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	Precipita en las membranas como CaSO ₄ a partir de 2.5 ppm	Utilizar aditivos (Hexametáfosfato de Sodio)
Cloruros (Cl ⁻) y Fluoruros (F ⁻)	Son difíciles de rechazar por O.I. La concentración de Cl se usa como una norma de rechazo	Mantener alto los flujos de rechazo
Cloro libre (Cl ₂)	Perfora las membranas	Mantener la concentración al límite
Sílice coloidal (SiO ₂)	Afecta relativamente poco a la obturación de las membranas	Se elimina por lavado de membranas con detergente de fosfato
Sílice reactiva (SiO ₃ H ⁻)	Forma incrustaciones sobre las membranas . Cuando su concentración es 110 ppm a 25 ° C Sobre todo en presencia de Al y Fe	Mantener alto los flujos de rechazo y lavar las membranas periódicamente
Hierro (Fe ²⁺ , Fe ³⁺) y aluminio (Al ³⁺)	El Fe ²⁺ no afecta, el Fe ³⁺ y Al ³⁺ forman incrustaciones con el sílice	Utilizar tuberías no ferricas y/o evitar oxidaciones. Lavados periódicos de las membranas
Turbidez	Colmata las membranas	Filtrado previo y lavado de membranas
pH	A pH alto precipitan las sales de CaCO ₃ , CaSO ₄ , etc.	Bajar el pH a 6.5

La aplicación de la ósmosis inversa a la solución de problemas en el tratamiento de agua, requiere del entendimiento de los mecanismos que comprende el proceso, las limitaciones y los requisitos de un pretratamiento.

El equipo está cuidadosamente diseñado para asegurar que se mantenga un flujo suficiente dentro de la membrana. Este factor es importante para hacer eficiente la operación de la membrana. La razón es que cuando el agua pasa a través de la membrana a presión, deja detrás en la superficie de la membrana, un alto porcentaje de sales disueltas y sólidos en suspensión, y esto se concentra más y más en cada paso del sistema. Hay que recordar que la ósmosis inversa es también un proceso concentrador de sales. Según aumenta el porcentaje de recuperación, aumenta la concentración de sales en el agua de rechazo. Llega un momento en que si se excede el límite de precipitación de la solubilidad, se forman cristales sobre las membranas. Cuanto más sea el porcentaje de recuperación, mayor es el factor de concentración de las sales del agua de alimentación como se describe en la siguiente tabla:

<u>% de recuperación</u>	<u>Factor de concentración</u>
50%	2C
67%	3C
75%	4C
80%	5C
83%	6C
88%	8C
90%	10C
95%	20C

Tabla 2.- Porcentaje de recuperación contra el factor de concentración.

Es por esto que se debe mantener suficiente flujo dentro de la membrana para lograr que las sales sean transportadas fuera de la membrana con más eficiencia. Por esta razón no se deben exceder los límites de operación diseñados para el equipo.

Entre menos concentración mantengamos, mejor está la calidad de agua producto. En otras palabras, a menor % de recuperación, mejor será la calidad del agua.

Es importante saber que el flujo de agua producto es relativamente descargado a presión atmosférica, regularmente a un tanque con ventilación. No se podrá operar el equipo con una válvula en la línea de descarga de agua producto a menos que se instale una válvula de seguridad. La razón es que, la alta presión que existe en el sistema, transporta al agua a través de la membrana, y un flujo cero del agua producto ocasiona que se igualen las presiones en ambos lados, y las líneas que transportan el agua producto no resistirán alta presión.

Las membranas son capaces de resistir 200 psi de presión "positiva" (alimentación de agua en dirección al agua producto), pero no pueden tolerar presión "negativa" (agua producto en dirección al agua de alimentación). Esta presión negativa no deberá ser mayor a 2 psi. Para prevenir un daño a las membranas por este factor es necesario instalar una válvula check en la línea de agua producto, para que cuando el sistema deje de operar, la presión negativa sea en la válvula.

Cuando el sistema de O.I. Es apagado y no hay presión en las membranas, una parte de agua de alimentación se queda dentro de la membrana y esta se mezcla con el agua producto, y el resultado es cuando se enciende el equipo, la primer parte de agua producto tiene un alto contenido de sales que tienden a bajar a los pocos segundos.

La calidad de agua producto se relaciona con la concentración del agua de alimentación. Por ejemplo, si el agua de alimentación está a 50 ppm en sólidos disueltos, el agua producto tendrá una salinidad de aprox. 2 a 5 ppm. Si el agua de alimentación tiene 500 ppm de SDT, el agua producto estará entre 20 y 25 ppm. Para medir esto se utiliza un medidor de sólidos disueltos totales (SDT).

5.4.6.- Importancia Del Pretratamiento Para Sistemas De Ósmosis Inversa.

El agua de alimentación a la ósmosis inversa debe ser retratada en casi todos los casos con el fin de evitar incrustaciones y obstrucciones en la membrana con materia en

suspensión.

Todas las plantas de O.I. Deben tener filtros cartucho antes de la bomba de alta presión. Los filtros cartucho protegen a la bomba contra cualquier partícula abrasiva que pueda dañarla. También protege a las membranas contra taponamiento u obstrucción. El tamaño de los filtros cartucho depende del flujo de agua y otra manera de especificar el tamaño es atribuir una caída de presión máxima de 2 psi cuando estén limpios.

5.5.- INTRODUCCIÓN AL TRATAMIENTO DE DESMINERALIZACIÓN.

5.5.1. Definición De Intercambiador Iónico.

Son redes tridimensionales de tipo macromolecular. Tienen cargas fijas por unidad estructural. Las cargas fijas están neutralizadas por iones de signo contrario que pueden moverse entre las mallas de la red, los cuales se denominan iones intercambiables o móviles. Según que las cargas fijas sean negativas o positivas, se tendrán respectivamente, intercambiadores de cationes o de aniones.

Los intercambiadores de iones están formados por granos, esferas o películas macromoleculares sólidas, polares e insolubles, de origen mineral u orgánico y constituidos por flóculos de gran superficie interna que poseen iones más o menos móviles.

La más destacada característica de los intercambiadores de iones es su insolubilidad, temperatura máxima de trabajo, porosidad, densidad, y estabilidad frente a los agentes químicos. Íntimamente ligada a su estructura, esta también otra característica de gran importancia. Todas las resinas sintéticas intercambiadoras de iones presentan, en su forma comercial, un elevado contenido de humedad que varía del 40 al 60 %.

Puede asimilarse un intercambiador iónico a una esponja, con los iones contrarios moviéndose por los poros. Al introducir la esponja en la disolución, los iones móviles pueden abandonar los poros y flotar en el líquido exterior, pero debe subsistir la electronegatividad. Por tanto si un ión móvil abandona el poro, debe penetrar otro ión móvil del mismo signo. Después de un tiempo se alcanza el "equilibrio de intercambio iónico" y

tanto el intercambiador como la disolución contienen especies iónicas móviles.

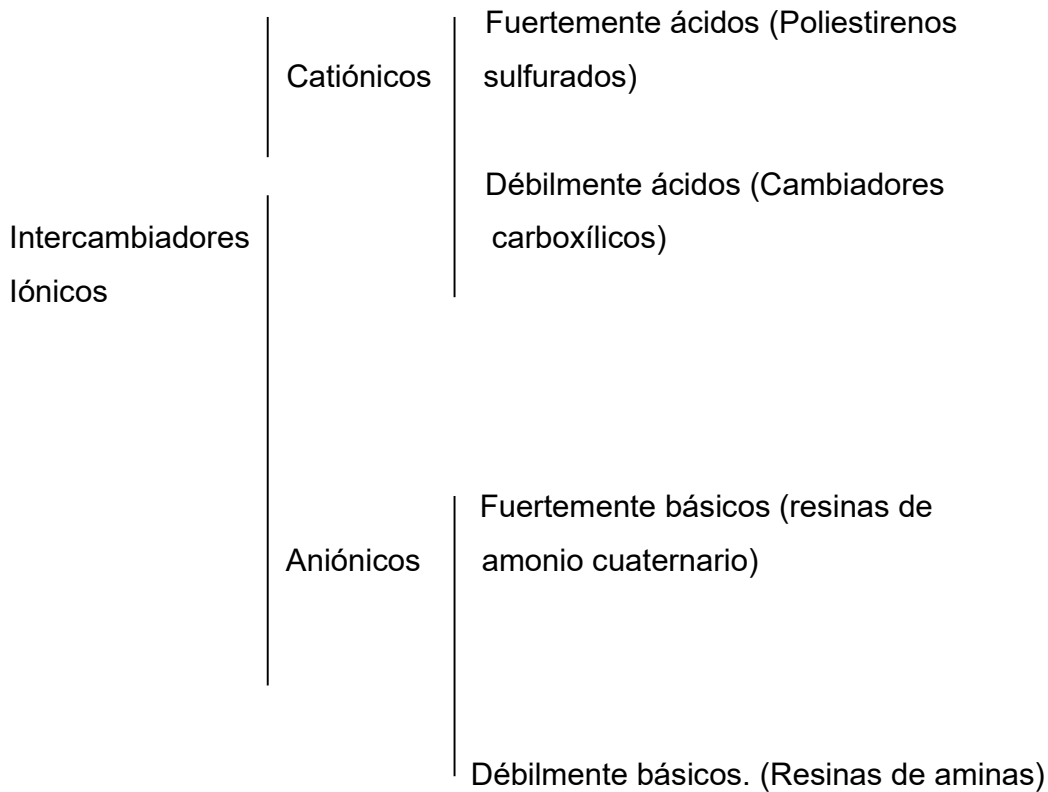
En el equilibrio, las relaciones de concentraciones de las especies iónicas contrarias no es la misma en el intercambiador que en la disolución. La facultad para elegir entre varias especies se le denomina "Selectividad".

Además de los iones móviles, también pueden entrar en los poros de la red partículas del disolvente, dando lugar a la "inhibición" o "hinchamiento" del intercambiador.

La estabilidad química y térmica de las resinas es limitada. La mayoría de las resinas comerciales son estables en todos los disolventes orgánicos corrientes, excepto en presencia de agentes oxidantes o reductores fuertes. También se estropean a temperaturas superiores a los 100 °C. Los intercambiadores de aniones empiezan a deteriorarse al rededor de los 60 °C.

La mayoría de las resinas intercambiadoras se presentan en forma granulada, con dimensiones comprendidas entre los 0.3 y 1.2 mm. El tamaño de la resina tiene mucha importancia, por la expansión del lecho, por la pérdida de carga y, porque el poder de cambio está directamente afectado por el tamaño de la partícula, ya que la reacción de cambio se produce generalmente en la superficie. La caída de presión disminuye cuando aumenta el tamaño de la partícula pero también disminuye la capacidad de cambio por tanto llega a una solución de compromiso. Es muy importante también la resistencia mecánica de la resina.

Los intercambiadores iónicos se pueden agrupar como se indica:



5.5.2.- Definición De Intercambiador Aniónico.

Estos intercambiadores permutan aniones (A^-) por hidróxilos (OH^-) obteniéndose un efluente alcalino, o bien permutan aniones unos por otros.

5.5.3. Definición De Intercambiador Catiónico.

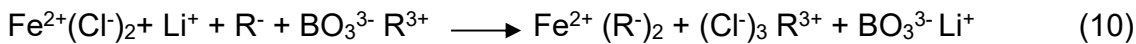
Estos intercambiadores permutan los cationes (M^+) por protones (H^+), obteniéndose un efluente ácido debido a los H^+ liberados, o bien unos cationes con otros sin variación de pH.

5.5.4. Definición De Intercambiador De Lecho Mixto.

Difieren esencialmente del procedimiento de lechos separados, ya que las dos resinas anión y catión, se encuentran en un mismo aparato.

Su función es eliminar algunas trazas de cationes y aniones dando como resultado un efluente de pH neutro. Igualmente, en procesos en los que interesa mantener ciertas concentraciones de sales específicas, se permutan las sales indeseables por otras.

Por ejemplo, si una sal de cloruro de fierro $\text{Fe}^{2+} \text{Cl}_2^-$ entra al lecho mixto, el catión ferroso sería retenido por la resina catiónica liberándose el Li^+ y el Cl^- sería retenido en la resina aniónica con liberación de BO_3^{3+} .



Estos desmineralizadores de lecho mixto no contienen la misma cantidad de resina aniónica que catiónica. La mezcla es aproximadamente 2 de aniónica por 1 de catiónica en proporción inversa de su capacidad de intercambio. De esta forma se asegura a la salida del lecho una neutralidad bajo el punto de vista de cargas.

Las resinas, antes de ponerse en servicio, se mezclan íntimamente por agitación con aire comprimido, y el conjunto se comporta como una infinidad de intercambiadores de cationes y aniones en serie.

Con esta disposición se puede obtener un agua de gran pureza.

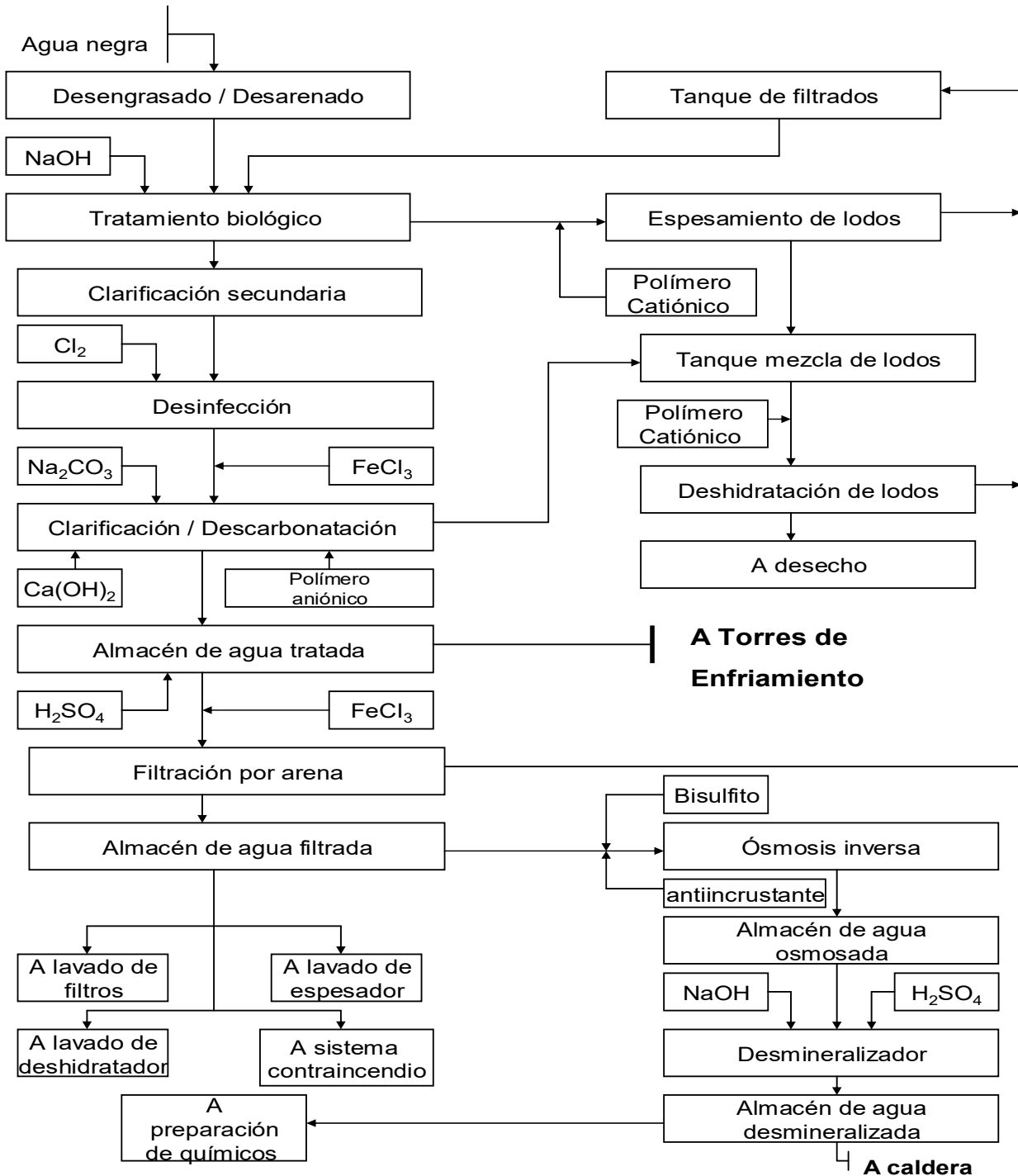
Conductividad:	0.05-0.20 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Sílice:	< 0.02 ppm
Salinidad:	Constante durante el ciclo
Ph:	≈ 7 neutro

Las ventajas más importantes de lechos mezclados, con relación a lechos separados es la siguiente:

- Agua de alta pureza y calidad constante.
- Menor consumo de agua de enjuague.
- Valor de pH prácticamente neutro.
- Certeza en eliminación de iones que el análisis no detecta en el nivel de trazas.

Tiene como inconveniente, menor poder de intercambio y un comportamiento más delicado. Hay que tener en cuenta además la necesidad de una separación de una separación y de una mezcla perfectamente correcta.

5.6.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.



Introducción Al Concepto De Ciclo Combinado.

Una relativa innovación en el campo de suministro de energía, es la central de energía de ciclo combinado.

Las Centrales termoeléctricas generan energía mediante la operación combinada de turbinas accionadas por combustión de gas industrial y turbinas accionadas por vapor de agua, en donde ambas hacen rotar un generador común, proporcionando así, energía eléctrica con un rendimiento mucho mayor que cualquiera de los dos sistemas trabajando por separado.

La característica principal de este tipo de plantas es que uno o más grupo de turbinas a gas, turbinas de vapor y el generador, están montadas en un solo tren motriz.

El proceso da inicio cuando el grupo de turbinas a gas se pone en funcionamiento mezclando aire y combustible que se enciende en una cámara de combustión, el gas caliente se expande a través de la turbina logrando que el eje empiece a girar.

Seguidamente, los gases de escape que resultan de la combustión del gas industrial en las turbinas a gas, entran directamente en una caldera de recuperación donde da inicio la generación de vapor mediante una transferencia del calor residual de los gases al agua de alimentación de la caldera, este vapor generado es el que accionará la turbina de vapor aprovechando toda la energía generada por los gases calientes.

Una gran parte del agua de alimentación de la caldera, es obtenida de la condensación de vapor expandido en las turbinas de vapor con la operación de un condensador enfriado por agua, la otra parte del agua (agua de repuesto) proviene de una fuente auxiliar que generalmente es una planta de tratamiento de agua.

El condensado y el agua de repuesto que se acumulan en un tanque (pozo caliente del condensador), son enviados a la caldera de recuperación para seguir generando vapor y empezar así el ciclo de nuevo.

Descripción General De La Central Termoeléctrica.

Para la central termoeléctrica se ha considerado en su diseño, una unidad avanzada en arreglo uniflecha, el cual su tren motriz consta de:

- Una turbina de gas industrial, equipada con un sistema de combustión secuencial de bajo NOx (sistema seco).
- Un generador común, enfriado por aire en circuito cerrado.
- Una turbina de vapor de dos cuerpos, de presión dual y de vapor precalentado.

Un ciclo de agua-vapor.

El generador está colocado en el extremo frío de la turbina de gas y por el otro extremo se encuentra acoplado con la turbina de vapor por medio de un embrague de acoplamiento sincronizado (SSS Clutch).

La turbina de gas está diseñada para operar con gas natural como combustible principal y con diesel como respaldo.

La aplicación del embrague, permite que la turbina de vapor se acelera y además sea conectada al alternador siendo ya arrastrado por la turbina de gas, dicho embrague se acciona automáticamente tan pronto como el eje de la turbina de vapor alcanza la velocidad del alternador, y se desacopla automáticamente tan pronto como el par en el eje de la turbina de vapor se hace negativo.

El ciclo agua-vapor está compuesto principalmente de:

El ciclo agua-vapor está compuesto principalmente de:

- Una caldera de recuperación (HRSG).
- Una turbina de vapor de dos cuerpos de presión dual y vapor recalentado.
- Un condensador con su sistema de enfriamiento.
- Bombas de extracción de condensado.
- Tanque desaireador y de alimentación de agua a la HRSG.
- Bombas de agua de alimentación a la HRSG.

BIBLIOGRAFIA

1. Sawyer, C.N., Mc Carty, P.L y Parkin, G.N.
“Química para ingeniería ambiental” Mc Graw-Hill, 4^{ta}. Edición (2001).
2. “Descripción general de proceso de tratamiento de agua”
O y M, Servicios Químicos y control ambiental (2003).
3. Kiely, G.
“Ingeniería Ambiental”
Mc Graw-Hill, 1^{ra}. Edición (1999).
4. Manahan, S.E.
“Introducción a la Química Ambiental”
Editorial Reverte-UNAM, 1^{ra}. Edición (2007).
5. Spiro, T,G. y Stigliani, W.M.
“Química Medioambiental”
Prentice Hall, 1^{ra}. Edición (2003).
6. Arboleda Valencia, Jorge. “Teoría y practica de la purificación del agua”, Mc
Graw-Hill, 3^{ra}. Edición (2000).
7. Geankoplis C.J. “Proceso de transporte y operaciones unitarias”, CECSA, 3^{ra}.
Edición. (1998).
8. Peavy, W.S., et al. “Environmental Engineering”
Mc Graw-Hill (1998).
9. Ramalho, R.S. “Tratamiento de aguas residuales”, Editorial Reverte, S.A.
Edición revisada (2003).
10. Vesilind, P.A. et al “Environmental Engineering”
Butterworths, 2^{da}. Edición (1998).

11. Hardenbergh, W.A. y Radie, E.B. "Ingeniería Sanitaria" CECSA (1984).
12. Henry, J.G. y Heinke, G.W. "Ingeniería Ambiental" Prentice Hall, 2^{da}. Edición (1999).
13. Davis, M.L. y Cornwell, D.A. "Introduction to Environmental Engineering", Mc Graw-Hill (1991).
14. Ramirez, C. "Tratamiento de Aguas Residuales Industriales ", Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Azcapotzalco. (1992).
15. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Consultoría Ambiental.
16. Reynolds, T.D. y Richards, P.A. "Unit Operations and Processes in Environmental Engineering". PWS Publishing Company (1996).
17. Viessman, W. y Hammer, M.J. "Water Supply and Pollution Control", Prentice Hall, 7^{ma}. Edición. (2205).
18. Chin, D.A. "Water-Resources Engineering", Prentice Hall, 2^{da}. Edición. (2006).

