

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

" PAQUETE DE INGENIERIA BASICA PARA EL
DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA A
PARTIR DE AGUA DE MAR POR EL PROCESO
DE EVAPORACION EN PLATAFORMAS MARINAS "

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

ARTURO JORGE ACUAYTE SONI.

MEXICO, D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1989





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I=N=D=I=C=E

	PAG.
I. INTRODUCCION.	1
II. GENERALIDADES.	4
II.1. NORMAS APLICABLES AL AGUA POTABLE.	5
II.2. PRETRATAMIENTO Y POSTRATAMIENTO.	9
II.3. OSMOSIS INVERSA.	12
II.4. EVAPORACION.	16
II.4.1. EVAPORACION DE UN SOLO EFECTO.	19
II.4.2. EVAPORACION MULTITAPAS FLASH.	20
II.4.3. EVAPORACION POR TERMOCOMPRESION Y COMPRESION DE VAPOR.	22
II.4.4. EVAPORACION DE EFECTOS Y ETAPAS MULTIPLES.	27
II.5. COMPARACION ENTRE PROCESOS.	28
III. DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA DEL PROCESO DE EVAPORACION.	
III.1. BASES DE DISEÑO.	32
III.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.	39
III.3. DESCRIPCION DE PROCESO.	40
III.4. FILOSOFIA BASICA DE OPERACION.	42
III.5. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE PROCESO.	45
III.6. SERVICIOS AUXILIARES.	49
III.7. LISTA DE EQUIPO.	51
III.8. MEMORIAS DE CALCULO DE LOS EQUIPOS..	52
III.9. ESPECIFICACION DE LOS EQUIPOS.	79
III.10. DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.	87
III.11. DIAGRAMA DE LOCALIZACION GENERAL.	88
IV. CONCLUSIONES.	91
V. BIBLIOGRAFIA.	92

C A P I T U L O

I

I_N_T_R_O_D_U_C_C_I_O_N

Debido a las necesidades de los productos del petróleo y del país y del plan de exportaciones de Petróleos Mexicanos, se ha incrementado la explotación y recuperación secundaria de los yacimientos petrolíferos - en la Zona Marítima del Golfo de Campeche.

Sin embargo, el personal que labora en estas instalaciones enfrenta graves problemas con respecto a la obtención de agua potable para consumo humano, debido al paro frecuente de las plantas potabilizadoras existentes por fallas mecánicas o por problemas de mantenimiento, lo que -- origina un alto índice de enfermedades gastrointestinales entre el personal y problemas en los equipos que requieren agua potable para su -- operación.

Como intento de solución a estos problemas se han desarrollado algunos métodos en el campo de la potabilización de agua de mar, entre los que destacan los siguientes:

- a) Osmosis inversa.
- b) Evaporación de un solo efecto.
- c) Evaporación por multietapas flash.
- d) Termocompresión y compresión de vapor.
- e) Evaporación de efectos y etapas múltiples.

De los métodos anteriores se encuentra en primer plano la tecnología de evaporación o destilación; estos equipos han sido empleados durante muchos años en servicios marinos para suministrar agua pura de re posición al equipo de generación de vapor y para otros servicios. Los evaporadores se utilizaron solo hasta un grado limitado en plantas esta

cionarias de vapor hasta alrededor de 1920.

A partir de esta época se ha incrementado la utilización de estos - equipos para el suministro de agua de reposición, servicios en plantas industriales y para satisfacer las necesidades de consumo humano.

Sin embargo, uno de los problemas principales que se encuentran en estos procesos, es la obtención de las partes de repuesto, ya que todos ellos usan partes de fabricación extranjera como son: Las membranas en las plantas de ósmosis inversa, compresoras en las plantas de termocompresión e instrumentos y algunas bombas en las demás plantas.

El presente trabajo está encaminado a obtener un sistema óptimo para la generación de agua potable, desarrollado específicamente para operar bajo las condiciones propias de las plataformas marinas y pretendiendo lograr el máximo porcentaje de integración nacional en su fabricación, con lo cual se reducirá la importación de estas plantas, la dependencia por asistencia técnica y suministro de partes de repuesto.

C A P I T U L O

I I

GENERALIDADES SOBRE AGUA POTABLE.

Desde hace siglos el hombre ha empleado distintos procesos para desalar el agua de mar en su empeño por aumentar los suministros de agua potable en épocas y lugares de escasez.

Hoy en día, existen numerosos procesos para la obtención directa de agua potable a partir de agua de mar y otras aguas salobres.

Durante más de 1500 años, desde la India antigua, los sistemas primitivos de desalación desarrollados en los tiempos de la navegación a vela, utilizaron la energía solar para producir pequeñas cantidades de agua potable para la tripulación de los barcos que pasaban semanas y aún meses en alta mar sin tener acceso a manantiales de agua dulce.

Pero conforme fue avanzando la ciencia, se desarrollaron sistemas de condensación más complejos que fueron reemplazados por otros sistemas; dentro de los cuales se puede mencionar la destilación por evaporación instantánea, por etapas, compresión de vapor, electrodiálisis y ósmosis inversa.

Para muchas aplicaciones el agua debe estar libre de contaminantes, tales como: lama sólidos ionizados disueltos, gases ionizados disueltos, gases no ionizables disueltos (O_2) y contaminantes microbiológicos (bacterias, virus y pirógenos), cuando se eliminan todos estos tenemos agua pura.

Estos contaminantes deben eliminarse en forma económica, y mediante la selección y el diseño acertado del equipo requerido. Cada equipo tiene su propio grado de eficiencia dependiendo de la tecnología.

II.1.1. NORMAS APLICABLES AL AGUA POTABLE.

El artículo 7° del Reglamento Federal Sobre Obras de Provisión de Agua Potable marca lo siguiente:

Se considera agua potable toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud, para la cual deberá llenar los siguientes requisitos:

1.- Caracteres físicos: de preferencia, la turbiedad del agua no excederá del número 10 (diez) de la escala de sílice y su color, del número 20 (veinte) de la escala platino-covalto. El agua será inodora y de sabor agradable.

De no poderse cumplir con los requisitos anteriores, se admitirán aquellos caracteres físicos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista bacteriológico y químico.

2.- Caracteres químicos: Un p^H de 6.0 a 8.0 para aguas naturales no-tratadas.

Un contenido expresado en miligramos por litro de los comunmente denominadas "partes por millón", de los elementos iónicos y substancias que a continuación se expresan:

Nitrógeno amoniacal hasta.....	0.50
Nitrógeno protéico hasta.....	0.10
Nitrógeno de nfitros (con análisis bacteriológico) hasta..	0.05

Nitrógeno de nitratos hasta.....	5.0
Oxígeno, consumido en medio ácido hasta.....	3.0
Oxígeno, consumido en medio alcalino, hasta.....	3.0
Sólidos totales, de preferencia, hasta 500 pero tolerándose hasta.....	1000
Alcalinidad total, expresada en CaCO_3 hasta.....	400
Dureza total, expresada en CaCO_3 , hasta.....	300
Dureza permanente o de no carbonatos expresada en CaCO_3 , - en aguas naturales de preferencia, hasta.....	150
Cloruros, expresados en Cl, hasta.....	250
Sulfatos, expresados en SO_4 , hasta.....	250
Magnesio, expresados en Mg, hasta.....	125
Zinc, expresado en 2N, hasta.....	15.00
Cobre expresado en Cu, hasta.....	3.00
Fluoruros, expresados en F1, hasta.....	1.50
Hierro y Manganeso, expresados en Fe. y Mn, hasta.....	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta.....	0.10
Arsénico, expresado en As. hasta.....	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta.....	0.05
Cromo hexavalente, expresado en Cr, hasta.....	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol hasta.....	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de.....	0.001
Cloro libre, en aguas sobrecloradas, no menos de 0.20 ni más de	1.0

3.- Caracteres Biológicos:

El agua estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana.

Se considera que una agua está libre de esos gérmenes - cuando la investigación bacteriológica dé como resultado - final:

a) Menos de veinte (20) organismos de los grupos coli y coliforme por litro de muestra, definiendose como organismos de los grupos coli y coliforma todos los bacilos no esporógenos, Gram negativos, que fermentan el caldo lactosado con formación de gas.

b) Menos de doscientos (200) colonias bacterianas por -- centímetro cúbico de muestra, en la placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.

c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógena o fétidas en la siembra de un centímetro cúbico de muestra en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

4.- Las aguas tratadas químicamente para clasificación o ablandamiento, satisfarán los tres requisitos siguientes:

a) La alcalinidad de la fenolftaleina calculada como -- CaCO_3 , será menor de 15 partes por millón, más 0.4 veces la alcalinidad total de un pH inferior a 10.6.

b) La alcalinidad de carbonatos normales será menor de - 120 PPM, para lo cual la alcalinidad total, en función del pH , estará limitada según la escala siguiente:

<u>VALOR DEL PH</u>	<u>ALCALINIDAD TOTAL MAXIMA</u> <u>EXPRESADA EN CaCO₃</u>
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.0	230
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.3	170
10.5 a 10.6	160

c) La alcalinidad total no excederá a la dureza total en más de 35 mg. por litro o PPM ambas calculada como CaCO_3 .

a) Incrustación Alcalina.

Consiste de carbonato de calcio (CaCO_3) e hidróxido de magnesio - -
($\text{Mg}(\text{OH})_2$).

b) Incrustación no Alcalina.

Que consiste únicamente de sulfato de calcio (CaSO_4)

Hasta el momento no existe un químico de costo efectivo para inhibir la incrustación por sulfato de calcio. Para evitar esta incrustación - es necesario mantener la concentración y temperatura de la salmuera - - abajo de los límites del umbral del sulfato de calcio.

La incrustación alcalina puede ser inhibida por varios caminos. Los polifosfatos y los químicos idóneos están en el umbral de agentes, los - cuales generalmente trabajan a una dosis de 2 ppm o menos.

La dosificación continua de ácido requiere de una cantidad estequiométrica para reaccionar con el bicarbonato en el agua de mar para poner en libertad al CO_2 .

La calidad del agua de mar tiene poco impacto en los procesos de evaporación, si son mantenidos adecuadamente las condiciones de concentración y temperatura, por lo cual el pretratamiento es mínimo y consiste básicamente de lo siguiente:

- 1.- Filtración.- Para eliminar partículas gruesas y evitar el paso de peces, caracoles, algas, etc.

JJ.3. OSMOSIS INVERSA.

La ósmosis inversa es una derivación científica del proceso de ósmosis natural descubierta en 1748 por el Abad Francés Nollet. Sin embargo, la tecnología de las membranas no se comenzó a desarrollar sino hasta la primera mitad del Siglo XX, cuando se encuentran ya establecidos los fundamentos de las leyes físicas que describen la permeabilidad de las membranas naturales y sintéticas a los gases y a los líquidos.

La ósmosis es un fenómeno que se produce cuando las soluciones de concentraciones diferentes están separados por una membrana semipermeable y que consiste en el paso del líquido del lado más disuelto al más concentrado, tal como se muestra en la Fig. 1.

Una membrana semipermeable tiene la propiedad de dejar pasar el agua de una solución, pero no los cuerpos disueltos en la misma. La ósmosis inversa consiste en aplicar presión del lado de la solución más concentrada, invirtiendo la dirección del flujo del agua pura. Fig. 2.

En el sistema de ósmosis inversa, el agua más salada, bajo presión, es impulsada a través de una membrana sintética que permita el paso de las moléculas de agua. Las moléculas de sales no pueden pasar y se desechan en una corriente de agua salina secundaria.

El producto final es agua pura con un contenido de sales de 500 ppm.

Este proceso tiene aplicación mundial en regiones desérticas, en áreas donde existen aguas salobres e impuras, en plataformas de perforación de Petróleos Mexicanos, en plantas termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad, en pre-tratamiento de agua de calderas, en la Industria Cervecera.

Por otra parte, se ha probado que el proceso es adecuado para la industria farmacéutica.

Las delgadas membranas, semejantes a un cabello humano, que se utilizan en el sistema de ósmosis inversa, son en realidad fibras de poliamida aromáticas (aramidas).

Cada membrana tiene un diámetro de menos de 100 micrones o milésimas de milímetro.

El agua se introduce al módulo por un extremo, circula alrededor del haz de fibras huecas para fluir por el canal interior de cada fibra y en contrarse en el extremo de las mismas como agua de producto.

Las partículas de sales y de otros minerales disueltos en el agua de alimentación no pasan fácilmente a través de las paredes de la fibra y son llevadas hacia afuera del módulo como agua de desecho.

Otros sistemas de ósmosis inversa utilizan las membranas planas o en espiral generalmente de nylon ó de acetato de celulosa, pero éstas tienen durabilidad, resistencia a la abrasión y amplia gama de condiciones de operación que se logran con las fibras de aramida.

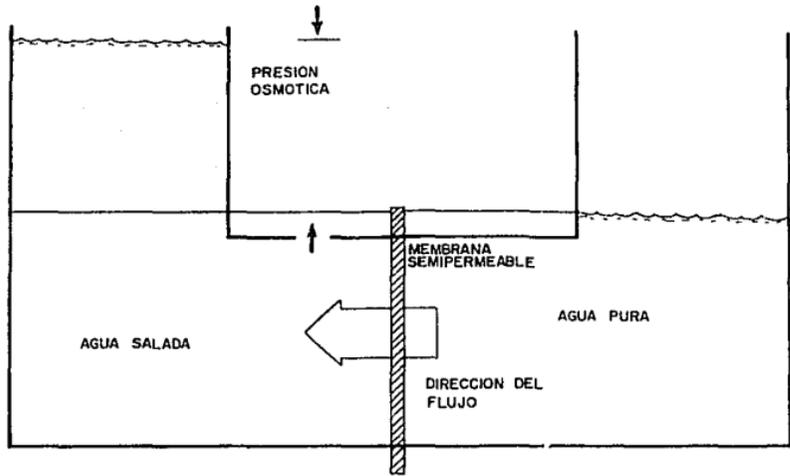
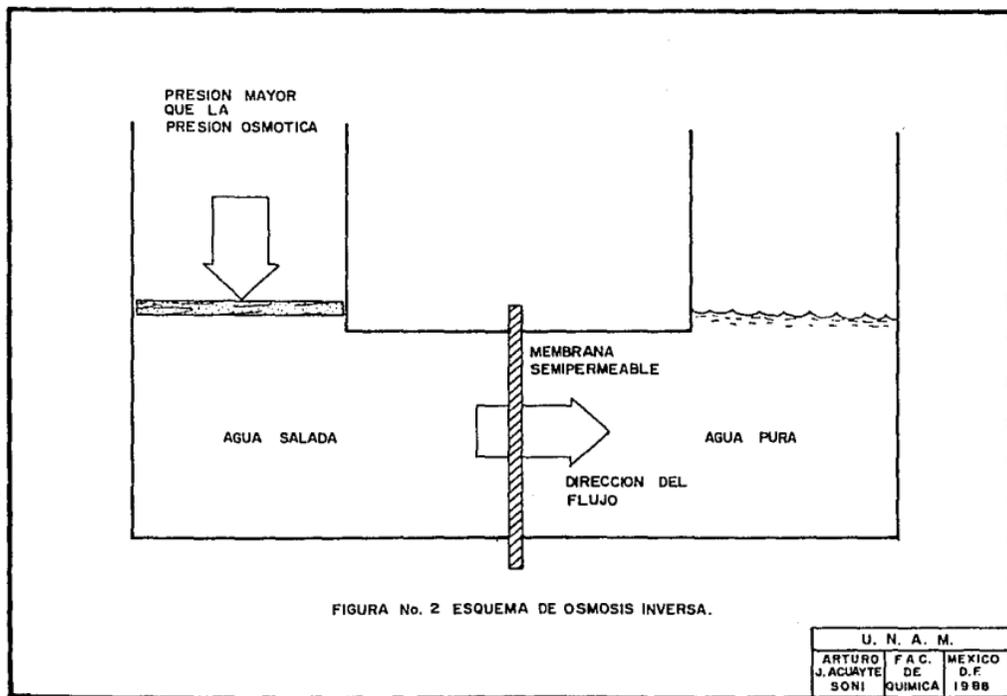


FIGURA No. I OSMOSIS NATURAL.

U. N. A. M.		
ARTURO J. ACUAYTE SONI	F. A. C. DE QUIMICA	MEXICO D. F. 1988



II.4. EVAPORACION.

La evaporación es un proceso de desalación que remueve impurezas del agua alimentada por ebullición, colectando el vapor y enfriándolo hasta -- condensarse. El agua condensada libre de algunos contaminantes es llamada agua destilada ó condensados.

El proceso de evaporación es el más viejo conocido para producir agua pura a partir de agua de mar. Aunque por siglos se usó equipo simple de laboratorio, la evaporación no llegó a ser un proceso comercial importante hasta la época de la navegación cuando la buena calidad del agua fue necesaria para abastecer las calderas de vapor de los barcos.

El primer diseño fué el evaporador de tubos sumergidos en el cual el agua destilada es producida por condensación del vapor en tubos sumergidos en el agua. Al condensarse el vapor, el calor de vaporización es transferido al depósito de agua produciéndose la ebullición. El vapor resultante es condensado como agua destilada.

Pocos cambios ocurrieron en la tecnología de estos procesos hasta 1930, cuando la idea de usar más de 4 etapas en el diseño de evaporación fue adoptar como un método para mejorar la utilización de calor e incrementar la capacidad.

Existen muchos tipos de evaporadores y su selección depende de varios factores. Estos incluyen la facilidad de operación, control de la formación de incrustación, accesibilidad para limpiezas y pureza del vapor. Debe darse consideración al balance térmico específico y a los requisitos de espacio para cada instalación, antes de poder hacer una evaluación y selección del equipo.

Durante muchos años solo hubo cambios menores en el diseño de evaporadores y la calidad del vapor obtenido no era siempre satisfactoria. Sin embargo, -- conforme aumentó el número de instalaciones de alta presión, las dificultades de operación demandaron una mejoría en el diseño de los evaporadores para disminuir el arrastre producido, con objeto de asegurar un condensado de alta calidad. Estas mejorías incluyeron medios superiores para prevenir arrastre, corrección de la formación de espuma y desprendimiento más efectivo de la incrustación.

Los primeros tipos de evaporadores para plantas estacionarias fueron similares a los empleados para servicios marinos. No incluían pretratamiento del agua de alimentación al evaporador y se depositaban incrustaciones dentro de - los aparatos. Se producían incrustaciones hasta cierto grado, a pesar de la purga de las aguas concentradas y del tratamiento por cambio de temperatura dado a los serpentines para remover la incrustación suelta y la acumulación de depósitos. Para evitar estas dificultades, se inició el pretratamiento de las aguas de abastecimiento para alimentar a los evaporadores. Tal tratamiento es ahora una práctica común, y generalmente se justifica con el mejor funciona-- miento de los evaporadores.

Se emplean muchos tipos de tratamiento para estos servicios. Estos inclu- yen acondicionamientos misceláneos en productos químicos, ablandamiento químico y procesos de intercambio iónico.

Existen en disponibilidad varios tipos de evaporadores para servicio de - plantas de fuerza, la mayor diferencia entre los diseños son los tipos y colocación del cambiador de calor en la superficie y la temperatura de operación.

Pueden clasificarse como:

- 1.- Evaporación tipo ebullición.
- 2.- Evaporación flash (instantánea)
- 3.- Sistema de compresión y termocompresión de vapor.
- 4.- Destilación de efectos y etapas múltiples.

II.4.1.- EVAPORACION DE UN SOLO EFECTO.

La evaporación de un solo efecto, se ha usado durante muchos siglos, es el método más antiguo de purificación de agua. Es un proceso térmico que abarca tres etapas:

- 1.- Una fase de cambio al estado vapor
- 2.- Una separación del vapor del líquido y
- 3.- Un cambio de fase subsiguiente del estado vapor al estado líquido.

Este proceso puede describirse simplemente como la eliminación de las impurezas del agua por la aplicación de calor haciendo que el agua hierva y se evapore. Las impurezas que originalmente estaban disueltas en el agua, permanecen en el agua y se descargan a través de una corriente de desechos. La utilización de un equipo de diseño apropiado, particularmente del sistema de separación, resulta en la eliminación de la mayoría de las impurezas orgánicas e inorgánicas que contenga el agua efluente.

En su forma clásica, una destiladora consiste en un evaporador y un condensador. Tanto el evaporador como el condensador pueden llamarse intercambiadores de calor y en un sentido primordial, esto es todo lo que se refiere para destilar agua.

Tiene que diseñarse una destiladora de un solo efecto para que el vapor se separe del líquido sin acarrear partículas contaminantes en su arrastre. Esto significa que el evaporador de la destiladora debe ser de diámetro y diseño apropiados para producir una condición óptima en la superficie de separación del líquido calentado.

II.4.2. EVAPORACION MULTITAPAS. FLASH.

La destilación por multietapas esta basada en el principio en el cual el punto de ebullición del agua es afectado por una escala de presión/ - temperatura.

La salmuera es bombeada através de un cambiador de calor y después al interior de la primera cámara de evaporación, donde la presión se reduce drásticamente. Algo del agua de la salmuera es vaporizada súbitamente y después es condensada en un cambiador de calor que contiene una entrada de salmuera en una sección de la misma cámara.

La vaporización súbita de la salmuera baja la temperatura de la salmuera remanente, la cual fluye a la cámara siguiente donde la presión es más baja que en la cámara anterior, donde más agua es vaporizada y la -- temperatura de la salmuera es reducida nuevamente.

Al condensarse el vapor transfiere su calor al agua de mar alimentada que pasa através de un cambiador de calor. Esta transferencia de energía reduce la cantidad de calor necesario para calentar la salmuera.

El destilado es tomado del interior de cada cámara y enviado al sistema de distribución.

La etapa final se llama etapa de calor de desecho, el proposito es para disipar la energía térmica remanente.

El agua de mar fresca a temperatura ambiente fluye por el interior -- del cambiador de calor en la última etapa, absorbiendo el calor remanente del vapor, siendo después descargado al mar.

Una pequeña cantidad de condensados se forma en la etapa de desecho - de calor y otra cantidad de salmuera es descargada de ésta.

La recirculación de la salmuera es frecuentemente usada para minimizar la reposición de agua alimentada. La salmuera remanente de la etapa de desecho es mezclada con el agua de mar que está entrando, esta mezcla es pasada através de las etapas de evaporación, de la última a la primera dentro de los tubos del cambiador de calor, recuperando el calor del vapor condensado antes de llegar a la salmuera más caliente. Es recomendable aplicar un pretratamiento al agua de mar para inhibir la corrosión que se produce y para reducir costos. Sin embargo, la alta concentración de la salmuera que resulta por la recirculación incrementa el punto de ebullición y la cantidad de energía necesaria. Además, de que el material de construcción es más caro se tiene un gran riesgo de corrosión.

Un proceso de éste tipo generalmente tiene una temperatura límite de 200°F. y puede ocasionar problemas de corrosión en la primera etapa, debido a altos niveles de oxígeno disuelto, dióxido de carbono (CO_2) y de la gran cantidad de agua de reposición. Sin embargo se requiere poco control de operación y generalmente la corrosión es fácil de controlar.

El número óptimo de etapas para una planta de destilación depende de algunos factores como son: El tipo de planta, material de construcción e incrementos de costos por cada etapa adicional, etc.

El diseño típico de multietapas moderno tiene 3 ó 4 etapas de desecho de energía además de 20 etapas flash, aún cuando el número de etapas puede variar significativamente.

11.4.3. TERMOCOMPRESION Y COMPRESION DE VAPOR.

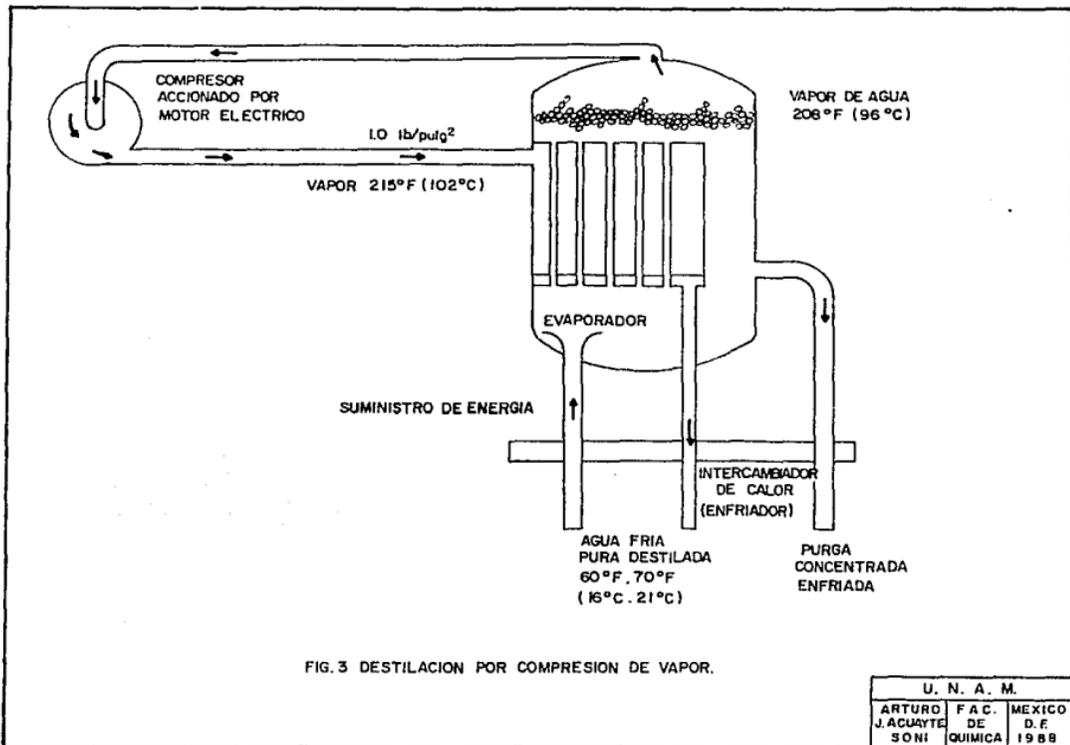
Las destiladoras por termocompresión y compresión de vapor fueron -- concebidas indudablemente para aprovechar el calor latente del vapor -- producido. Este calor para agua a 100°C (212°F), es la mayor fuente de calor relacionada con la operación de destiladoras de agua. La destiladora de un solo efecto transfiere calor al agua de enfriamiento de la -- sección de condensación. Si la destiladora permite el drenaje de esta agua de enfriamiento, se pierde tanto el agua como su calor y este calor tiene que reemplazarse para que continúe la destilación. Combinando las secciones del condensador y el evaporador, siendo ambos intercambiadores de calor, se recupera el calor latente liberado por el vapor cuando se condensa para formar el destilado y se usa para continuar el proceso.

COMPRESION DE VAPOR.

El diseño de compresión de vapor (Fig.3) utiliza un compresor de motor eléctrico para producir la compresión de vapor necesaria.

Para iniciar este proceso, el calor sensible y el calor de arranque deben elevar la temperatura del agua de alimentación. Después, un compresor mecánico retira el calor que se produce en la sección del evaporador. El compresor crea un vacío parcial en la superficie de ebullición del evaporador, haciendo bajar así el punto de ebullición del agua de alimentación. El compresor comprime el vapor inducido, elevando la temperatura y la presión del vapor.

Este proceso crea el requisito de diferencia de temperatura y en este punto el calor latente del vapor puede transferirse al agua de alimentación que entra.



En resumen, todo el calor que podría desperdiciarse en el proceso de un sólo efecto se recupera utilizando así el principio básico termodinámico de destilación.

TERMOCOMPRESION.

La termocompresión es un desarrollo y perfeccionamiento del diseño del proceso de compresión de vapor.

El principio del diseño es el mismo que el de compresión de vapor, - sin embargo, la compresión y el aumento subsiguiente de la temperatura del vapor se obtiene sustituyendo un eyector de vapor que opera según - el principio Venturi por el compresor mecánico.

La fig. 4 muestra el diseño de un sistema de destilación por termocompresión.

El eyector produce un vacío parcial en la superficie de ebullición del evaporador en forma similar que la del compresor mecánico, bajando así el punto de ebullición del agua de alimentación.

La ventaja de la termocompresión sobre la compresión de vapor está en la eliminación del motor eléctrico y del compresor mecánico acoplado. El tándem de motor y compresor podría presentar un problema de mantenimiento en comparación con el diseño sin piezas móviles del eyector accionado por vapor.

to subsiguiente. Todos los efectos están bajo presión excepto el último que está abierto a la atmósfera y requiere agua de enfriamiento para formar destilado del vapor producido.

La cámara de separación funciona por fuerza centrífuga y crea la alta velocidad del vapor necesaria para la eliminación efectiva de las gotas y partículas arrastradas.

La alta velocidad permite el uso de un sistema pequeño de tubería y un sistema de efecto de tamaño pequeño, lográndose una construcción extremadamente compacta.

Los sistemas de deflexión varían según el fabricante, pero el choque contra una superficie mojada por medio de un cambio mecánico de dirección, ha demostrado ser lo mejor para eliminar cualquier arrastre de gotas de agua en el vapor ascendente. El destilado fluye de la destiladora por la fuerza de gravedad y llega a una temperatura cerca de los 200°F.

II.9.4. EVAPORACION DE EFECTOS Y ETAPAS MÚLTIPLES.

Otra forma de aplicar el calor latente de la vaporización es utilizar el vapor como fuente de calor en un evaporador que opere a presión y temperatura más baja que el evaporador precedente. Esta es la base para el diseño de la tecnología más reciente de evaporación de etapas o efectos múltiples. Un evaporador de efectos múltiples típico consiste en un condensador, precalentador, tres u ocho efectos ó columnas de destilación y un número correspondiente de calor de etapas intermedias.

Principio del Diseño.- El agua de alimentación a la temperatura ambiente entra el precalentador y fluye por un lado de cada intercambiador de calor de etapa intermedia. Durante este flujo, cada galón de agua pasa por el primer efecto y se calienta a una temperatura que depende de la presión de vapor de entrada y del tiempo de permanencia. - Cuando el agua de alimentación precalentada llena el primer efecto, automáticamente se transfiere el agua de alimentación por el haz de tu--bos de cada intercambiador de calor de etapa intermedia al siguiente - efecto. Esto continúa hasta que el último efecto llega al nivel de -- agua apropiado; en este punto, una purga menor del último efecto retarda la acumulación de impurezas en el evaporador.

Una fuente externa de vapor bajo una presión específica calienta el lado del revestimiento del primer efecto. Esta acción hace que se evapore el agua de alimentación en el lado del tubo, dado que existe la - presión necesaria o diferencial de temperatura bajo una presión infe--rior que la presión de la fuente de vapor del primer efecto.

En esta forma puede emitirse el calor latente del vapor a cada efec

11.5. - COMPARACION ENTRE PROCESOS.

Los procesos de desalación conocidos y estudiados anteriormente para la obtención de agua potable a partir de agua de mar son:

- 1.- El que no involucra cambio de fase
 - Osmosis inversa
- 2.- Los que involucran cambio de fase
 - Termocompresión y compresión de vapor.
 - Multietapas flash.
 - Evaporación de un solo efecto.
 - Evaporación de efectos y etapas múltiples.

Aunque la complejidad, arranque y operabilidad del sistema que no implica cambio de fase es mínima, la parte modular de cada sistema requiere de mucho cuidado.

La calidad del agua de mar tiene gran impacto, pues si no se tiene un pretratamiento adecuado se puede dañar el sistema, lo que hace que en la mayoría de los casos que el pretratamiento requiera atención especial y una limpieza química especial.

Por otra parte, tanto los equipos como los agentes químicos necesarios en este tipo de proceso, en su mayoría son de importación lo que aunado con la política actual de sustitución de importación lo hace poco atractivo.

Puesto que se desea un sistema para obtener agua potable que ofrezca un mínimo de problemas tanto en su operación, mantenimiento, adquisi-

ción de piezas de repuesto y asesoramiento técnico, se tienen los procesos en los cuales interviene un cambio de estado (Ver tabla 1).

El problema de las incrustaciones se genera por dos razones fundamentales que son, sólidos en suspensión y la participación de sales por alta concentración. En el caso de la ósmosis inversa, el pretratamiento es muy complejo a pesar de no existir una elevación de temperatura, pero como es un sistema comparable a un filtro, es muy sensible a las dos causas de incrustación. En el caso de evaporación instantánea por etapas o de compresión de vapor a presión, el solo hecho de separar los 70° en el agua de mar, provoca la descomposición de los carbonatos, y por lo tanto, la formación de incrustación de calcio y magnesio, por ello se requiere la adición de ácidos generalmente sulfúrico y la descarbonatación y la deareación para evitar la corrosión y la disminución de los coeficientes de transmisión de calor. También el uso de secuestrantes se acostumbra, limitando la temperatura a 92°C. En el caso de los compresores de vapor a vacío o baja temperatura, y las plantas de evaporación de un simple efecto, este fenómeno se ve reducido, aunque en el caso de los compresores de vapor, debido al diseño de la película externa, las boquillas sufren taponamientos por materia orgánica y los depósitos generan posteriormente mala distribución de flujo y finalmente incrustaciones en el exterior de los tubos, difíciles de remover. En cambio en los evaporadores de un solo efecto, el fenómeno es mínimo, debido por un lado a la baja concentración y por el otro porque la superficie de intercambio de calor es el interior de los tubos y se cuenta con una cierta velocidad de flujo que reduce la posibilidad de que partículas se adhieran al tubo.

De los procesos mencionados, se selecciona el proceso de evapora - -

TABLA No. 2

PROCESO	PRETRATAMIENTO	RANGO DE CAPACIDAD	MATERIALES DE FABRICACION	REQUERIMIENTOS DE ENERGIA	INSTRUMENTACION	OBSERVACION
OSMOSIS INVERSA	CLARIFICACION COAGULANTES FILTRACION A 5 u. ACIDO SULFURICO. HEXAME TAFOSFATO Y CLORACION.	4-10 M ³ /DIA POR MEMBRAMA	MEMBRANA DE ACETATO DE CELULOSA Y POLIAMIDA. PARTES DE PVC, ACERO INOXIDABLE Y AL CARBON.	14 kw-hr/M ³ (ENERGIA ELECTRICA)	MUY AUTOMATIZADA. BAJA POSIBILIDAD DE FALLA	DISPONIBILIDAD DE 85 %. REQUIERE DE OPERADOR. USO TERRESTRE. 4 O 5 AÑOS EN USO MARINO. CALIDAD DE AGUA ACEPTABLE, 500 ppm. REQUIERE DE STOCK DE REFACCIONES. ERRORES HUMANOS PUEDEN CAUSAR LA DESTRUCCION DE LAS MEMBRANAS.
EVAPORACION INSTANTANEA POR ETAPAS	ACIDO SULFURICO. DECARBONACION. DEAREACION.	5-3000 M ³ /DIA POR UNIDAD	COBRE NIQUEL Y ACERO AL CARBON	40 kw-hr/M ³ (ENERGIA TERMICA) 6kw-hr/M ³ (ENERGIA ELECTRICA)	AUTOMATIZADO. ARRANQUE MANUAL.	DISPONIBILIDAD DE 85 %. REQUIERE DE OPERADORES CALIFICADOS. USO TERRESTRE PARA ALTAS CAPACIDADES. CALIDAD DE AGUA MENOR A 10 ppm. REQUIERE DE UN STOCK DE REFACCIONES. REQUIERE DE ATENCION CONTINUA.
COMPRESION DE VAPOR (A PRESION)	ACIDO SULFURICO. DECARBONACION. DEAREACION.	10-1500 M ³ /DIA POR UNIDAD	COBRE NIQUEL Y ACERO AL CARBON	(DIESEL) 13-24 kw-hr/M ³ (ENERGIA MECANICA) MAS CALOR DE RECHAZO.	AUTOMATIZADO. ARRANQUE MANUAL.	DISPONIBILIDAD DE 50-70%. REQUIERE DE OPERADOR CALIFICADO. USO TERRESTRE Y EN SUBMARINOS. CALIDAD DE AGUA MENOR A 10 ppm. COMPRESOR DE ALTA VELOCIDAD. (MAS DE 7000 rpm). REQUIERE DE STOCK DE REFACCIONES. REQUIERE DE MATENIMIENTO CONTINUO.
COMPRESION DE VAPOR (A VACIO)	LIMPIEZA PERIODICA CON ACIDO	30-600 M ³ /DIA POR UNIDAD	ACERO AL CARBON ALUMINIO Y ACERO INOXIDABLE. PVC.	17-22 kw-hr/M ³ (ENERGIA ELECTRICA)	AUTOMATIZADO. ARRANQUE MANUAL.	DISPONIBILIDAD DE 70% REQUIERE DE OPERADOR CALIFICADO. USO TERRESTRE. COMPRESOR EXAGERADAMENTE GRANDE. CALIDAD DE AGUA MENOR A 25 ppm. REQUIERE DE STOCK DE REFACCIONES. REQUIERE DE ATENCION CONTINUA.
APROVECHAMIENTO DE CALOR DE RECHAZO	NO REQUIERE LIMPIEZA PERIODICA CON ACIDO.	1-80 M ³ /DIA POR UNIDAD	LATON Y ACERO AL CARBON. COBRE NIQUEL. ALUMINIO.	5-30 kw-hr/M ³ (ENERGIA ELECTRICA) MAS CALOR DE RECHAZO.	AUTOMATICO.	DISPONIBILIDAD DE 90%, O MAYOR NO REQUIERE OPERADOR. USO MARINO Y TERRESTRE. CALIDAD DE AGUA MENOR A 10 ppm. MUY COMPACTO Y DE BAJO COSTO. MINIMO CONSUMO DE ENERGIA.

ción de un solo efecto (aprovechamiento de calor de rechazo), ya que la simplicidad del proceso y el tipo de equipo que involucra el sistema lo hace que sea el más viable de implementar en plataformas marinas. Esto se fundamenta en lo siguiente:

a) El proceso requiere de equipo muy simple, y por ende no es sofisticado ni requiere partes de importación, por lo cual sería de fabricación nacional, utilizando ingeniería y mano de obra mexicana.

b) Aunque los requerimientos de energía para este tipo de proceso es alto con respecto a otros procesos, su ventaja es aprovechar energía de desecho con forma directa en algunos casos o indirecta, como -- puede ser el aprovechar gases de combustión de turbinas de gas calentando un fluido (aceite ó agua).

c) Los operadores están acostumbrados a trabajar con sistemas de intercambio térmico, como será este tipo de proceso, lo que facilitará la operación y mantenimiento del equipo.

CAPITULO

III

III. BASES DE DISEÑO

1. GENERALIDADES

1.1 Función de la planta

La función principal de la planta es la de producir agua potable a partir de agua de mar para satisfacer las necesidades - en Plataformas Marinas.

1.2 Tipo de proceso

El agua potable se obtendrá a partir de agua de mar, mediante el proceso de evaporación a vacío. La energía térmica para - la evaporación será suministrada por medio de un circuito de agua de calentamiento, en el que se aprovecharán los gases de escape de los Turbogeneradores.

2.0 Capacidad, Rendimiento y Flexibilidad

2.1 Factor de servicio

La planta será diseñada para operar 365 días al año

2.2 Capacidad

2.2.1 Diseño.- La capacidad de diseño corresponde a 1.2 veces la - capacidad normal.

2.2.2 Normal.- La planta se diseñará para producir 40 M³/día de -- agua potable.

2.2.3 Mínima.- La capacidad mínima será igual a la capacidad normal.

2.3 Flexibilidad

2.3.1 No se preveen aumento de capacidad, ya que las actuales plantas en Plataformas Marinas son de 37 M³/día.

2.3.2 A falla de los Turbogeneradores el circuito de agua de calentamiento operará mediante un generador de diesel, con lo que se evitará el paro de la Potabilizadora.

3. ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES.

3.1. Características del agua de mar.

STD.	36 000 - 41 000	PPM.
Na ⁺	13 500	PPM
Mg ⁺⁺	1 500	PPM
Cl ⁻	22 500	PPM
SO ₄ ⁼	3 500	PPM
Total	41 000	PPM
Dureza total	7 400 como CaCO ₃	
pH	8.1	
Ø máximo de partícula	123 u	
Cloro libre	5-10	PPM

NOTA: Estos análisis fueron elaborados y proporcionados por el Departamento de Protección Ambiental y Protección de Recursos Acuáticos de la Subdirección de Refinación y Petroquímica del Instituto Mexicano del Petróleo, en la Sonda de Campeche, México.

Flujo	Máximo: 156058	Kg/Hr.
	Normal: 130048	Kg/Hr.
	Mínimo: 130048	Kg/Hr.

4.- ESPECIFICACION DE LOS PRODUCTOS.

4.1 Agua Potable.

STD.	500 PPM (Máximo)
pH	7-8

4.2 Salmuera.

STD.	72 000- 82 000 PPM.
------	---------------------

4.3. Agua de Rechazo.

STD.	36 000 - 41 000 PPM
------	---------------------

5.- CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LIMITE DE BATERIA.

5.1 Agua de Mar.

Se succionará el agua por medio de una bomba, el punto de toma estará aproximadamente a 20 m. bajo el nivel del mar.

Presión (Kg/Cm ² Man.)	Máximas.	3.5
	Normal.	2.5
	Mínima.	2.5

Temperatura (°C)	Máxima:	30
	Normal:	26
	Mínima:	16

5.2 Agua de Calentamiento.

Se recibirá por tubería del circuito de agua de calentamiento -

en la plataforma de control y servicios, las condiciones de suministro serán:

Presión (Kg/Cm ² Man.)	Máxima:	6.9
	Normal:	6.2
	Mínima:	6.2
Temperatura (°C)	Máxima:	85
	Normal:	80
	Mínima:	80

5.3 Químicos.

Se recibirá en sacos de 25 Kg.

6.- CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LIMITE DE BATERIA.

6.1 Agua Potable.

Será enviada por medio de tubería a almacenamiento y distribución.

Presión (Kg/Cm ² Man).	Máxima:	0.7
	Normal:	0.35
	Mínima:	ATM.
Temperatura (°C)	Máxima:	54
	Normal:	37
	Mínima:	37

7.- ELIMINACION DE DESECHOS.

7.1 Salmuera:

La salmuera será enviada al mar por medio de tubería.

Presión:	Atmosférica.		
Temperatura: (°C)	Máxima:	54	
	Normal:	54	
	Mínima:	54	

7.2 Agua de Rechazo.

Será desalojada al mar por medio de tubería.

Presión:	Atmosférica.		
Temperatura (°C)	Máxima:	54	
	Normal:	26	
	Mínima:	16	

8.- SERVICIOS AUXILIARES.

8.1 Agua de Enfriamiento.

Se utilizará agua de mar, para la condensación del vapor. El agua será filtrada a la descarga de las bombas de toma.

8.2 Aire de Instrumentos y de Planta.

Se contará con un sistema que será suministrado por dos compresores accionados por motor eléctrico, no suministrará aire de instrumentos, el cual pasará por un secador y posteriormente, será enviada a la red de aire de instrumentos.

El paquete de secado contará con dos torres desecantes para trabajos en forma continua.

Presión del Sistema: 8.8 Kg/Cm² Man.
Punto de Rocío: - 40 °C
Impurezas (Fierro, Aceite,
etc.): Libre de Impurezas.
El otro compresor suministrará aire de planta.

8.3 Energía Eléctrica.

Será suministrada por dos turbogeneradores accionados por turbinas de gas, uno estará en operación y otro de relevo, además se contará con dos motogeneradores para caso de emergencia.

Características para el sistema de fuerza en límite de batería.

Tensión	220 Volts.
Número de fases	3
Frecuencia.	60 Hertz.
Factor de potencia mínima	0.85

Características para la corriente de control.

Tensión:	110 Volts.
Número de fases	1
Frecuencia	60 Hertz.

8.4 Sistema de agua de calentamiento.

Se contará con un circuito de agua de calentamiento, el cual - suministrará la carga térmica para evaporar el agua de mar, la cual se recibirá en límites de batería.

8.5 Condiciones climatológicas.

Temperatura (°C):	Máxima	30
	Mínima:	15

8.6 Humedad Relativa:

Máxima:	100%
Mínima:	80%

8.7 Atmósfera.

Presión Atmosférica:	760 MM. de Hg.
Atmósfera Corrosiva:	SI

III.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

CORRIENTE		1	2	3	7	8
COMPONENTE						
FLUJO	Kg/Hr	130,069	86454	1658.6	1711	40245.8
L P M		21047	6R56	27.6	26.9	6510
DENSIDAD RELATIVA 60° F		1.03	1.03	1.0	1.06	1.03
PRESION Kg/cm ² man		25	01m	0.4	01m	4.2
TEMPERATURA °C		26	34	37	54	34
DENSIDAD A P y T 0°C/m ³		1.03	1.02	0.99	1.05	1.02

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
EJ-101	CONDENSADOR DE VAPOR DE AGUA	856 4 1 2
EK-101	CONDENSADOR DE AGUA DE MAR	882 0 1 2
EG-101	INDUCTOR DE INCONDENSABLES	199 2 16, P=103 mm Hg
FB-101	TANQUE DE BOMBEO DE INCRUSTACION	407 MM D I x 782 mm
GA-101/R	BOMBA DE AGUA DEL INDUCTOR	885 LPM, SP=25
GA-102/R	BOMBA DE AGUA POTABLE	278 LPM, SP=17
GA-103/R	BOMBA DE AGENTE QUIMICO	800 LPM, SP=17

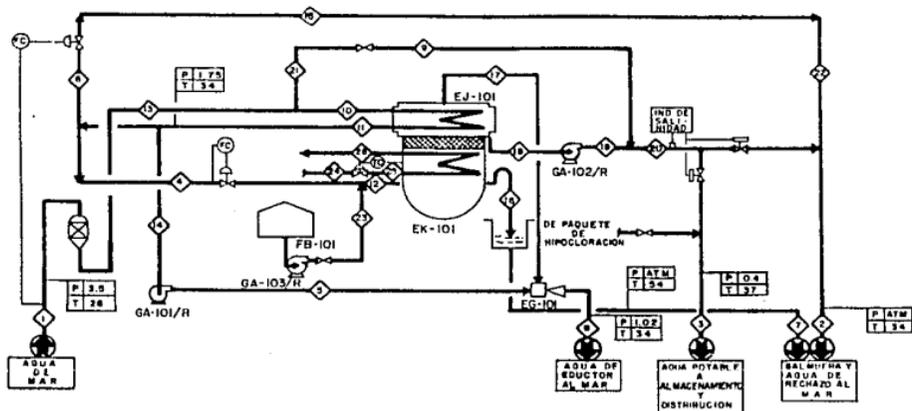


DIAGRAMA DE FLUJO

U. N. A. M.	
ARTURO J. ACURTE	F. A. C. DE MEXICO
SONI	D. F. DE QUIMICA
	1988

III.3 DESCRIPCION DEL PROCESO.

La función principal de la planta es la de obtener una producción de 40 000 l/dfa de agua potable, a partir de agua de mar.

La operación se basa en un principio de destilación simple.

El agua de mar filtrada y clorada se alimentará al condensador - - - (EK-101), a 2.5 KG/CM² Man. (35.55 Psig) y 26°C (79°F). El efluente -- del condensador se divide en tres corrientes. Uno se alimenta a la cámara de evaporación (EJ-101), el cual se controla para mantener un flujo constante en función de la cantidad de agua que se va a evaporar y de la evaporación constante de la salmuera que se forma en la cámara por el aumento en la concentración de sales.

La salmuera se desaloja a una temperatura de 54°C (129.2°F) por presión hidrostática para lo cual se contempla en el diseño un tubo en - - forma de cuello de ganso, la segunda corriente pasa a la bomba GA-103R para después emplearse como fluido de motriz en el eductor de incondensables, y el tercero, regulado por una válvula para controlar la temperatura de evaporador, se descarga al mar.

Como fuente de calor para la evaporación de agua de mar se utiliza agua potable que proviene del sistema de agua de calentamiento a 85°C (185°F), y se retorna a dicho sistema a 75°C (167°C)

El evaporador opera a una presión de 103 mm.Hg-abs. y a una temperatura de 54°C (129.2°F) este vacío se alcanza mediante el eductor (EG-101)

El vapor de agua asciende hacia el condensador, pasando a través de

una malla separadora que retiene las gotas de salmuera y partículas que pudieran ser arrastradas por el vapor. El vapor es condensado y enfriado hasta una temperatura de 37°C (98.6°F), obteniéndose agua destilada con un máximo de 400 ppm de sólidos totales disueltos.

A la descarga de la bomba (GA-102/R), la corriente de destilado se ajusta a un máximo de 500 ppm de STD, por acción continua de agua de mar derivada de la corriente de alimentación, posteriormente el agua potable envía al tanque de alimentación.

Una celda de salinidad localizada después del punto de ajuste, analiza el producto y permite rechazar el agua que no cumpla con las especificaciones, haciendo uso de la línea que descarga el mar junto con el efluente de rechazo.

La planta potabilizadora cuenta con un sistema de dosificación de polifosfato (inhibidor de incrustaciones), constituido por dos bombas dosificadoras y un tanque de almacenamiento. La solución acuosa de polifosfato se separa al 2.8% en peso, siendo la dosificación de este agente químico en el agua de mar que alimenta al evaporador de 3 ppm.

III. 4. - FILOSOFIAS BASICAS DE OPERACION.

En este documento se lleva a cabo para la planta potabilizadora de agua de mar, el análisis de los siguientes aspectos.

- 1.- Variables de operación y control de proceso.
- 2.- Requerimiento de control analítico.
- 3.- Operaciones normales.

1.- Variables de operación y control de proceso.

1.1. Flujo.

La regulación del flujo del agua de mar al evaporador se - lleva a cabo por medio de una válvula de globo manual y un indicador de flujo (Rotámetro).

1.2. Presión.

La presión de operación del evaporador EK-101 está dada - por la capacidad del eductor EG-101, y está controlada por interruptores de alta y baja vacío que regularán el porcentaje apertura de la válvula de control para suministro de agua caliente.

1.3. Niveles.

En lo posible debe tratarse de mantener la operación a nivel normal del evaporador para evitar pérdidas con la carga térmica.

En cuanto al nivel de la charola de destilado se debe mantener siempre el nivel normal para que se disponga del -- tiempo de residencia necesario para el enfriamiento del -- agua destilada, en caso de detectar que el líquido se encuentra al nivel mínimo permisible por el equipo se manda una señal a la bomba GA-102/R para que pare hasta restablecer el nivel normal.

- 1.4. La temperatura de operación de la cámara de evaporación es la de ebullición del agua de mar que corresponde a la presión de operación de dicho equipo. La energía requerida para que el agua de mar alcance la ebullición, es proporcionada por una corriente de agua caliente, cuyo flujo se regula mediante un control de presión de acuerdo al vacío que se presenta en la cámara.

La temperatura del destilado a la salida de la charola se mantiene a control de temperatura sobre la línea de descarga de la bomba GA-102/R.

2.- Requerimientos de Control Analítico.

Con la finalidad de evitar problemas en el proceso y en el equipo, la corriente de producto debe ser analizada para tener un -- control de salinidad a la salida de la potabilizadora.

Se dispone de un analizador de sales, localizado a la descarga -- de la bomba GA-102/R, que determina las PPM de sólidos totales -- disueltos en el producto y lo envía al tanque de almacenamiento rechazando aquel producto que salga fuera de especificación.

3.- Operaciones Normales.

No preveen paros por fallos de bombas, ya que se cuentan con relevos. En caso de que otros equipos involucrados en el proceso se tenga que sacar fuera de servicio, ya sea por reparación ó - mantenimiento, la planta tendrá que parar totalmente.

A bajo nivel de destilado en la charola, la bomba GA-102/R parará automáticamente hasta restablecer el nivel normal.

A falla de agua de enfriamiento y aire de instrumentos la planta parara totalmente.

III.5.- CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE PROCESO.

La planta potabilizadora de agua de mar, estará diseñada en base a los siguientes criterios generales, derivados de los requerimientos que se establecen en las bases de diseño correspondientes.

5.1.- Capacidad.

La capacidad de producción de la planta se considera en base a los siguientes criterios:

Diseño: 1.2 la capacidad normal.
Normal: 40 M³/dfa.
Mínimo: Para determinar la capacidad mínima de producción se considera el máximo factor de ensuciamiento en los tubos del evaporador, siendo esta igual a la capacidad normal.

5.2.- Criterios de diseño de equipo.

En este punto se establecen los principales criterios que se consideran en el diseño de los equipos de la planta potabilizadora.

5.2.1. Evaporador y Condensador.

Atendiendo el tipo de proceso (evaporación simple efecto) que se lleva a efecto en estos equipos, se han considerado 2 secciones en el mismo recipiente.

Sección Superior. En esta sección se lleva a cabo la condensación de vapor de agua, por medio de agua de mar que entra al condensador a una temperatura de 26°C - - -

(78.8°F) y es desalojada a 34°C (93.2°F).

Sección Inferior. En esta sección se lleva a efecto la evaporación del agua de mar, que llega con una temperatura de 34°C (93.2°F) proveniente de la corriente de salida del condensador y es evaporada por medio de agua potable proveniente del circuito de agua de calentamiento.

El tiempo de residencia de la salmuera es de 11.5 minutos de nivel máximo a nivel mínimo para evaporar el 50% del agua alimentada.

Se consideró un factor de ensuciamiento de 0.0005 para -- agua potable y 0.001 para agua de mar, en ambos casos.

- 5.2.2. Se utilizará una charola de tipo rectangular para la recolección del destilado, con dimensiones de 1.8m x 0.61m, con un tiempo de residencia de 30 min. de nivel máximo a nivel de paro de la bomba.
- 5.2.3. Para asegurar una temperatura de destilado de 37°C ----- (98.6°F) a la salida del condensador, se inundarán el 8% de los tubos del condensador.
- 5.2.4. Para alcanzar la presión de operación, se considera un -- aductor de simple etapa para evaporar los gases incondensables saturados de la cámara, y utilizando agua de mar -- como fluido motriz.
- 5.2.5. Se colocará una maya separadora de acero inoxidable, que evitará el paro de gotas de salmuera que pudieran ser ---

arrastradas por el vapor.

- 5.2.6. Se utilizarán dos bombas centrífugas para evaporar el destilado, con una capacidad de 27.4 LPM cada una, una estará en operación y la otra de relevo. Estas bombas serán accionadas por motores eléctricos de 1/4 HP.
- 5.2.7. Para aumentar la presión del fluido motriz requerida por el eductor (EG-101), se contará con dos bombas de tipo centrífugo, una en operación y otra de relevo, con una capacidad de 655 LPM cada una, accionadas por motores eléctricos de 7 1/2 HP.
- 5.2.8. Para el inhibidor de incrustación, se contará con un tanque atmosférico de 457 mm. D.I. x 762 mm. con un tiempo de residencia de 14 días para su almacenamiento y para su dosificación se tendrán dos bombas de tipo recíprocantes con una capacidad de 0.01 LPM, una en operación y otra de relevo.
- 5.2.9 Se usará un detector de salinidad para rechazar el agua que salga fuera de especificación.

5.3. CRITERIOS GENERALES.

- 5.3.1. El sistema de calentamiento se diseñará tomando en cuenta que su temperatura no debe de exceder de 85°C (185°F) para evitar la descomposición del agente inhibidor de incrustación. El sistema de agua de calentamiento proporciona el agua a una temperatura de 85°C Máximo.
- 5.3.2. Dado que las variaciones de la carga al evaporador fluctúan, se provee un control de temperatura al sistema de -

calentamiento para ajustar estas variaciones.

- 5.3.3. Se consideró el intercambio térmico vapor-agua de mar -- para la condensación del vapor y enfriamiento del agua - destilada, aprovechando la energía para precalentar la - carga de alimentación al evaporador hasta una temperatura máxima de 35°C (95°F).
- 5.3.4. Se recomienda un espacio vapor de 30.48 cm. (1Ft.), de ni vel máximo de salmuera a la malla separadora, ya que con este espacio se quitan problemas de inundamiento de ma-- llas, y por otro lado el recipiente es más bajo, evitando el problema de espacio en la plataforma.

III.6. SERVICIOS AUXILIARES.

1.0 Requerimientos de Energía Eléctrica (60 ciclos/Seg.)

<u>CLAVE.</u>	<u>D E S C R I P C I O N</u>	<u>TENSION VOLTS.</u>	<u>FASE</u>	<u>POTENCIA KILOWATTS.</u>
GA-101/R	Bomba de agua del eductor.	220	3	5.592
GA-102/R	Bomba de agua potable.	220	3	0.186
GA-103/R	Bomba de agente químico.	220	3	0.186

2.0 Agua de Calentamiento.

Condiciones de Suministro:

Presión: 6.2 Kg/Cm² man.
Temperatura: 80 °C (176°F)
Carga Térmica: 3.9 MMBTU/Hr.

Condiciones de Retorno:

Presión: 5.5 Kg/Cm² man.
Temperatura: 70°C (158°F)

<u>CLAVE.</u>	<u>D E S C R I P C I O N</u>	<u>CONSUMO LPM.</u>	<u>GPM.</u>
EK-101	Evaporador de agua de mar	1654	437

NOTAS:

- (1) El agua caliente será suministrada en límite de batería.

3.0 Agua de Enfriamiento (Agua de Mar)

Condiciones de Suministro.

Presión: 2.5 Kg/Cm² man.

Temperatura: 26°C (79°F)

Condiciones de Retorno:

Presión: 1.8 Kg/Cm² man.

Temperatura: 34°C (93.2°F)

<u>CLAVE</u>	<u>D E S C R I P C I O N</u>	<u>LPM</u>	<u>GPM</u>
EJ-102	Condensador de vapor.	2114.2	558.6

CONSUMO

4.0 Aire de Instrumentos.

Condiciones de Suministro:

Presión: 1 Kg/Cm² man.

Temperatura: 20°C. (68°F)

Consumo: 5.6 M³/Hr.

5.0 Agente Químico.

5.1. Inhibidor de incrustación (polifosfatos de sodio)

Requerimientos:

Normal: 8.23 Kg/mes,

III.7. LISTA DE EQUIPO.

<u>CLAVE</u>	<u>SERVICIO</u>	<u>CARACTERISTICAS</u>
EJ-101	Condensador de vapor	956.4 X 1.2 MKca/Hr.
EK-101	Evaporador de agua de mar.	992 x 1.2 MKca/Hr.
EG-101	Eductor de Incondensables.	19B M ³ /dfa, P=103 mmHg.
FB-101	Tanque de inhibidor de incrustación.	457 mm D.I. x 762 mm.
GA-101/R	Bomba de agua del aductor.	655 LPM; AP=2.5 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ man.
GA-102/R	Bomba de agua potable.	27.4 LPM; AP=1.24 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ man.
GA-103/R	Bomba de agente químico.	0.010 LPM; AP=1.7 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ man.

III.8.0 MEMORIA DE CALCULO DE LOS EQUIPOS.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

② Corriente de salmuera para ajuste de sales

$$P_{21} \left\{ \begin{array}{l} 41\ 000\ \text{PPM}\ \text{STD.} \\ = 54.2 \frac{\text{lb.}}{\text{Ft}^3} = 1.0284 \frac{\text{Kg}}{\text{T}} \\ 26^{\circ}\text{C} = 79^{\circ}\text{F} \end{array} \right.$$

④ Corriente de Destilado

$$P_{19} \left\{ \begin{array}{l} 4\ \text{PPM} \\ = 62.1 \frac{\text{lb.}}{\text{Ft}^3} = 0.9948 \frac{\text{Kg}}{\text{T}} \\ 37^{\circ}\text{C} = 99^{\circ}\text{F} \end{array} \right.$$

CALCULO DE LOS FLUJOS DE SALMUERA ② DESTILADO ④ PARA PRODUCIR 40,000 $\frac{1}{d}$ DE AGUA POTABLE ③ CON 500 PPM STD.

$$1) \quad V_{20} C_{20} = V_{19} + V_{21} C_{21}$$

$$2) \quad V_{20} = V_{19} + V_{20}; \quad V_{19} = V_{20} - V_{21}$$

Sustituyendo (2) en (1)

$$3) \quad V_{20} C_{20} = V_{20} C_{19} - V_{21} C_{19} + V_{21} C_{21}$$

$$V_{20} C_{20} - V_{20} C_{19} = V_{21} C_{21} - V_{21} C_{19}$$

$$V_{20} (C_{20} - C_{19}) = V_{21} (C_{21} - C_{19})$$

$$V_{21} = \frac{40\,000 \frac{1}{d} (500-4)}{41\,000 - 4}$$

$$V_{21} = 483.95 \frac{1}{d} =$$

$$M_{21} = 483.95 \frac{1}{d} \times 1.0284 \frac{Kg}{l} = 497.69 \frac{Kg}{d} = 21.0 \frac{Kg}{Hr}$$

$$M_{21} = 20.74 \frac{Kg}{Hr} = 45.71 \frac{lb}{Hr}$$

$$V_{19} = 40\,000 \frac{1}{d} - 483.95 \frac{1}{d} = 395.16 \frac{1}{d}$$

$$M_{19} = V = 39\,516 \frac{1}{d} \times 0.9948 \frac{Kg}{l} = 39\,310.56 \frac{Kg}{d}$$

$$M_{19} = 1637.94 \frac{Kg}{Hr} = 3611 \frac{lb}{Hr}$$

CALCULO DE LA DENSIDAD ρ_{20} DE LA CORRIENTE \diamond

$$V_{20} = V_{21} + V_{19}; \quad V = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{M_{20}}{20} = \frac{M_{21}}{21} + \frac{M_{19}}{19}; \quad M_{20} = M_{21} + M_{19}$$

$$\rho_{20} = \frac{M_{21} + M_{19}}{\frac{M_{21}}{21} + \frac{M_{19}}{19}}$$

$$\rho_{20} = \frac{20.74 \frac{\text{Kg}}{\text{H}_r} + 1637.94 \frac{\text{Kg}}{\text{H}_r}}{0.9952 \frac{\text{Kg}}{\text{l}}} =$$

$$\rho_{20} = \frac{20.74 \frac{\text{Kg}/\text{H}_2}{\text{l}} + 1637.94 \frac{\text{Kg}}{\text{l}}}{1.0284 \frac{\text{Kg}}{\text{l}} + 0.9948 \frac{\text{Kg}}{\text{l}}} = 62.13 \frac{\text{lb}}{\text{Ft}^3} = 0.9952 \frac{\text{Kg}}{\text{l}}$$

$$V_{20} = 40\,000 \frac{\text{l}}{\text{d}}$$

$$M_{20} = V\rho = 40\,000 \frac{\text{l}}{\text{d}} \times 0.9952 \frac{\text{Kg}}{\text{l}} = 39808 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}$$

$$M_{20} = 1658.66 \frac{\text{Kg}}{\text{H}_r} = 3656.75 \frac{\text{lb}}{\text{H}_r}$$

CANTIDAD DE AGUA A CONDENSAR.

$$\diamond 18 = \diamond 19 = - 1637.94 \frac{\text{Kg}}{\text{H}_r} = 3611 \frac{\text{lb}}{\text{H}_r}$$

AGUA ALIMENTADA AL EVAPORADOR.

$$\diamond 12 = \diamond 4 + \diamond 23 = \diamond 19 + \diamond 16$$

LA CORRIENTE $\diamond 12$ DEBE DE GUARDAR UNA RELACION DE 2 A 1 EN VOLUMEN CON RESPECTO A LA CORRIENTE $\diamond 16$

$$M_{12} = M_{19} + M_{16}$$

$$V_{12} = 2V_{16}; \quad V_{12} = \frac{M_{12}}{\rho_{12}}; \quad V_{16} = \frac{M_{16}}{\rho_{16}}$$

CALCULO DE LA CARGA TERMICA EN EL EVAPORADOR.

$$Q = M_{12} \overline{CP}_{12} \Delta T + M_{19} \lambda_{19}$$

$$19 = 1020.4 \text{ B.T.U./lb} ; \overline{CP} = 0.946 \frac{\text{B.T.U}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}}$$

$$Q = 7383.4 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} \times 0.946 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}} \times (129 - 93) ^{\circ}\text{F} + 3611 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} * 1020.4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q = 3936113.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr}} = 3.94 \frac{\text{MMB.T.U.}}{\text{Hr}} \times 1.2 \text{ (sobre diseño)}$$

CALCULO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO AL CONDENSADOR \diamond

$$Q_{\text{Perdido (vapores)}} = Q_{\text{ganado por el agua}}$$

$$Q_p = M_{19} \overline{CP}_{19} \Delta T + M_{19} \lambda_{19}$$

$$Q_p = 3611 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} \times \frac{0.9985}{\text{LB}^{\circ}\text{F}} (98.6 - 128^{\circ}\text{F}) + 3611 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} \times 1020.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

$$Q_p = 3,795,167 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr}} = 3.8 \frac{\text{MMB.T.U.}}{\text{Hr}} \times 1.2 \text{ (sobre diseño)}$$

$$Q_{\text{ganado}} = M_{10} \overline{CP}_{10} \Delta T$$

$$\overline{CP}_{10} = 0.945 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}} ; \overline{CP}_{11,73,77} = 0.946 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}}$$

$$M_{10} = \frac{Q_g}{\overline{CP}_{16} \Delta T}$$

$$M_{10} = \frac{3.795161 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr}}}{0.9435 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^\circ\text{F}} (93^\circ\text{F} - 79^\circ\text{F})} =$$

$$M_{10} = 286708.5 \frac{\text{LB}}{\text{Hr}} = 130,048.1 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$$

CALCULO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

$$Q \text{ En el Evaporador} = 3936113.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr}}$$

$$Q = M_{25} \overline{CP}_{25} \Delta T \quad ; \quad \Delta T = (158^\circ\text{F} - 176^\circ\text{F}) = 18 = 18^\circ\text{F}$$

$$\overline{CP} = 1.0 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^\circ\text{F}}$$

$$M_{25} = \frac{Q}{C_p \Delta T} = \frac{3936113.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr}}}{1.0 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{LB}^\circ\text{F}} 18^\circ\text{F}}$$

$$M_{25} = 218673 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} = 99187.9 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}} = M_{26}$$

CORRIENTE DE DESECHO AL MAR $\diamond 22$

$$\diamond 11 = \diamond 14 + \diamond 4 + \diamond 6 \quad ; \quad \diamond 6 = \diamond 11 - \diamond 14 - \diamond 4$$

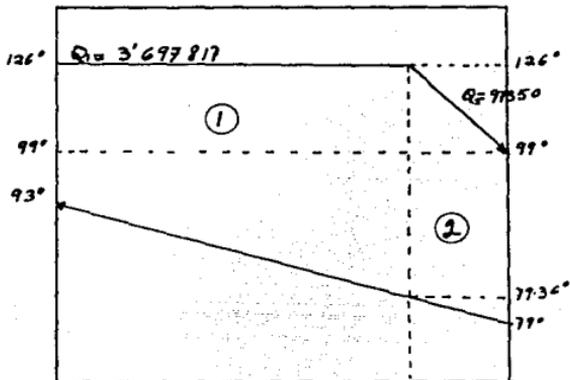
$$\diamond 6 = \diamond 15 = \diamond 22 = \diamond 2$$

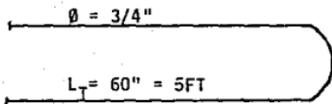
$$\text{FLUJO DE LA BOMBA EDUCTORA} = 88725 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} = 40,244.8 \text{ Kg/Hr} = \diamond 14$$

$$\diamond 14 = \diamond 15$$

CONDENSADOR:

<u>FLUIDO</u>	<u>EXTERNO</u>	<u>INTERNO</u>
	<u>AGUA / VAPOR</u>	<u>AGUA DE MAR</u>
W lb/Hr	3.611 X 1.2	286,709 X 1.2
T °F	126°/126/99°	79°/93°
P PSIG	- 12.7	35
ρ LB/FT ³	62.1	64.2/64.0
K B.T.U./HR/FT°F	0.362/0.1160	0.343 / 0.351
CP B.T.U./LB°F	0.99g/0.998	0.945/0.946
μ C.P.	/0.687	0.960/0.803
Pd PSIG	V.T./50	75
Td °F	200	150
ΔP PSI	-	10
Q _t B.T.U./Hr	1022.5	3'795,167 X 1.2
Rd	0.0005	0.001





CALIBRE 18

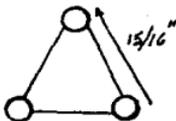
$$a' f = \pi D_o$$

$$a' f = 0.1963 \frac{\text{FT}^2}{\text{FT. Lin.}}$$

$$a' f \left\{ \begin{array}{l} \text{BWG 18} \\ \text{3/4"} \end{array} \right. = 0.334 \text{ in}^2$$

$$D_i = 0.652"$$

$$a' f = \frac{\pi D_i^2}{4}$$



U Sup. 322

$$N_p = 4$$

1.- CALCULO DEL AREA CON LA U_s

$$A = \frac{Q}{U_s * \text{LMTD}} = \frac{A}{U_s * T_g}$$

$$Tg = \frac{Qt}{\frac{Q2}{LMTD_2} + \frac{Q1}{LMTD_1}}$$

CALCULO DE LMTD₁

$$Q = WCP (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_1 + \frac{Q}{WCP} = \frac{97350}{0.9455 * 286,709} + 79$$

$$T_2 = 79.36^\circ$$

$$T_1 = 126 - 79.36 = 46.64^\circ$$

$$T_2 = 126^\circ - 93^\circ = 33^\circ$$

$$LMTD_1 = \frac{33 - 46.64}{LN \frac{33}{46.64}}$$

$$LMTD_1 = 39.42^\circ$$

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{LN \frac{T_2}{T_1}}$$

CALCULO DE LMTD₂

$$T_1 = 126^\circ - 79.36^\circ = 46.64^\circ$$

$$T_2 = 99^\circ - 79^\circ = 20^\circ$$

$$LMTD_2 = \frac{20 - 46.64}{LN \frac{20}{46.64}} = 31.46^\circ$$

$$LMTD_2 = 31.46^\circ$$

$$A = \frac{3'795,167 \times 1.2}{322 \times 39.16} = 361$$

$$A = 361 \text{ FT}^2 \text{ Ef. calculada.}$$

2.- CALCULO DEL NUMERO DE TUBOS

$$N_t = \frac{A}{a_t * L_t}$$

$$N_t = \frac{361 \text{ FT}^2}{0.1963 \frac{\text{FT}^2}{\text{FT}} \times 5 \text{ FT}} = \frac{367.8}{4} = 92$$

$$N_t = 92 \text{ Tubos/paso}$$

3.- DIAMETRO NECESARIO PARA ACOMODAR 184 U'S (D.N.)

$$\text{PITCH} = 1.25 \times 0.75 = 0.9375$$

$$\text{D.N.} = 0.9375 \left(\frac{368}{0.8} \right)^{\frac{1}{3}} = 20.1 = 21''$$

ZONA DE CONDENSACION.

$$A_f = \frac{\pi D_c^2}{4 \times 144} * N_t / \text{Paso}$$

$$A_f = \frac{\pi (0.652)^2}{4 \times 144} \times 92 = 0.2133 \text{ FT}^2$$

$$G = \frac{W \times 1.2}{A_f} = \frac{286709 \text{ lb/Hr} \times 1.2}{0.2133 \text{ Ft}^2} = 1'612990 \frac{\text{lb}}{\text{Ft}^2 \text{ Hr}}$$

$$G = 1'612990 \frac{\text{lb}}{\text{Ft}^2 \text{ Hr}}$$

$$V = \frac{G}{3600 * \rho} = \frac{1'612290 \frac{1b}{Hr}}{3600 \frac{FT^2}{Hr} * 64.1 \frac{1b}{FT^3}} = 6.98 \text{ T}$$

$$V = 6.98 \text{ FT/Seg.}$$

$$Re = \frac{D_i * G}{12 * 2.42 * \mu} = \frac{0.652 * 1'612290}{12 * 2.42 * 0.89} =$$

$$Re = 40\ 672.8 \text{ Turbulento}$$

COEFICIENTE INDIVIDUAL INTERNO

$$h_{10} = 150 (1 + 0.014 * \bar{T}) * v_t^{0.8} * \frac{D_i^{0.8}}{D_o}$$

Para agua fluyendo dentro de tubos en régimen turbulento

$$\bar{T} = \frac{79 + 93}{2} = 86^\circ F$$

$$h_{10} = 150 (1 + 0.011 * 86) * (6.98)^{0.8} * \frac{(0.652)^{0.8}}{0.75}$$

$$h_{10} = 1308 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ F}$$

$h_{o1} = 2000$ para vapor condensandose a vacio isotéricamente a $126^\circ F$

COEFICIENTE GLOBAL

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{h_{o1}} + \frac{1}{h_{10}} + RW + R_{do} + R_{d10}}$$

$$R_{d10} = 0.001 * \frac{0.75}{0.652} = 0.00115 \frac{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ F}{\text{B.T.U.}}$$

$$RW = \frac{0.75}{24 * 60} \text{ M } \frac{0.750}{0652} = 0.000073 \frac{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ F}{\text{B.T.U.}}$$

$$UD_1 = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{1308} + 0.000073 + 0.00115 + 0.0005}$$

$$UD_1 = 334.7$$

$$Areq_1 = \frac{Qt.}{UD_1 * LMTD} = \frac{3'697\ 167 \times 1.2}{334.7 \times 39.42}$$

$$Areq_1 = \underline{336.3 \text{ Ft}^2}$$

ZONA DE SUBENFRIAMIENTO

$$ho = 116 \left[\frac{K^3 p^2 cp B}{\mu} \frac{AT}{DC} \right]^{-0.25} \quad \text{CONVECCION NATURAL}$$

$$\frac{K^3 p^2 cp B}{\mu} = 0.035 \quad hc = 250 = ho$$

$$Tf = \frac{126 + 86}{2} = 106 \text{ (KERN)}$$

$$\therefore ho = 250; hio = 1308 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr Ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$UD_2 = \frac{1}{\frac{1}{hio} + \frac{1}{ho} + 0.001723}$$

$$UD_2 = \frac{1}{\frac{1}{1308} + \frac{1}{250} + 0.001723}$$

$$UD_2 = 154.1 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$\text{Areq}_2 = \frac{Q_2}{UD_2 * \text{LMTD}_2} = \frac{97\,350 \times 1.2}{154.1 * 31.46}$$

$$\text{Areq}_2 = 24.1 \text{ Ft}^2$$

No. de Tubos inundados:

$$N_t = \frac{A}{C_{it} \times \text{Dong. Tubos}}$$

$$N_t = \frac{24.1 \text{ FT}^2}{0.1963 \frac{\text{FT}^2}{\text{FT}} \times 5 \text{ FT}}$$

$$N_t = 24.55 \approx 25 \text{ tubos}$$

$$\text{Areq. total} = \text{Areq}_1 + \text{Areq}_2$$

$$\text{Areq. Total} = 336.3 \text{ FT}^2 + 24.1 \text{ FT}^2$$

$$\text{Areq. Total} = 360.4 \approx 361 \text{ FT}^2 \quad \text{O.K.}$$

El área disponible = al área calculada con la Usup.

$$UD_g = \frac{Q_t}{A_{disp} \times \text{LMTD}_g} = \frac{3'795,167 \times 1.2}{461 * 39.16}$$

$$UD_g = 322.1 \text{ Vs } 322 \text{ Sup. O.K.}$$

CAIDA DE PRESION POR TUBOS

$$fD = 0.003113 (RE)^{-0.2936} \text{ PARA } Re \text{ } 100$$

$$fD = 0.003113 (406728)^{-0.2636}$$

$$fD = 0.000190$$

$$\Delta P_t = \frac{fD \times G^2 \times LT \times NP}{4.35 \times 10^9 \times D_{iXS} \times GRX}$$

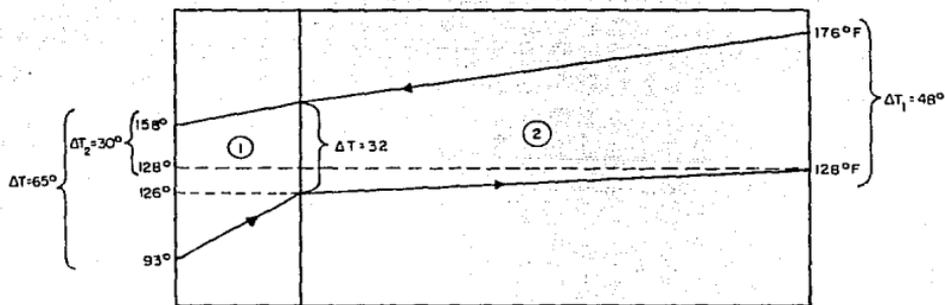
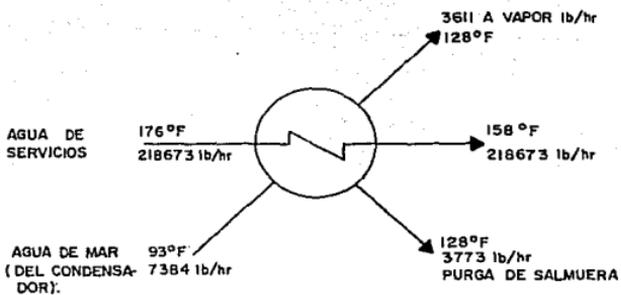
$$S_{GR} = 86^\circ F \frac{64.1}{62.4} = 1.0272$$

$$\Delta P_t = \frac{0.00019 \times (1'612290)^2 \times 5 \times 4}{4,35 \times 10^9 \times 0.652 \times 1.0272 \times 1.0}$$

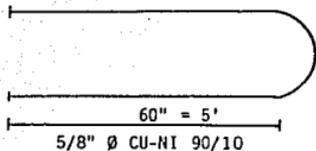
$$\Delta P_t = 3.4 \text{ PSI}$$

EVAPORADOR:

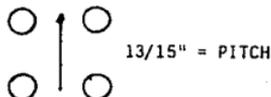
<u>FLUIDO.</u>	<u>EXTERNO</u> <u>AGUA DE MAR</u>	<u>INTERNO</u> <u>AGUA DE SERVICIO</u>
	12 = 16 = 18 A VAPOR	25/26
W (LB/hr)	7384 = 3772 + 3611 X 1.2	218,673 X 1.2
T ° F	93°/126°/128°	176°/158°
P PSIG	2	89
K	0.351/0.359/0.0128	0.278/0.389
cp	0.946/0.908/0.45	1.0/1.0
μ	0.803/0.654/0.012	0.36/040
Pd	Vr/5D	75
Td	200	200
Q	3'936.700 X 1.2	3'936.700 X 1.2
Rd	0.000/	0.0005
AP	-	10
ρ	64.0/65.4/0.00576	60.7/61.1
Qs =	7384 X 0.927 (126-93) = 225 884 B.T.U./Hr	
Qv =	3936700 - 225884 = 3710816 B.T.U./Hr	



$$t' = 158 + \frac{225684}{218673} = 159$$



CAL. 20



ARREGLO CUADRADO NORMAL

OD = 5/8" Ø BWG 20 MIN.

ID = 0.555

A'f = 0.244192 14²/TUBOS

A'c = 0.1636 ft² / ft

$$R_w = \frac{D_o}{12 \times K_w} \ln \frac{D_o}{D_i}$$

$$R_w = \frac{0.625}{24 \times 30} \ln \frac{0.625}{0.555}$$

$$R_w = 0.000103$$

$$LMTD = \frac{AT_2 - AT_1}{\ln \frac{AT_2}{AT_1}}$$

$$LMTD_1 = \frac{65 - 32}{\ln \frac{65}{32}} = 47.0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$LMTD_2 = \frac{48 - 32}{\ln \frac{48}{32}} = 40.0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T \text{ BALANCEADA} = \frac{3'936,700}{\frac{3710816+225884}{40 \cdot 47.0}} = 40.34^{\circ}\text{F}$$

$$N_p = 4$$

$$L_t = 60'' \text{ Lg}$$

$$\text{No TUBOS / PASO} = 137 \text{ SUP.}$$

$$A_f = \frac{\pi D_{i2}^2}{4 \times 144} \times \text{No TUBOS} = \frac{\pi (0.555)^2}{4 \times 144} \times 137 = 0.2302 \text{ FT}^2/\text{PASO}$$

$$G = \frac{W}{A_f} = \frac{218673 \text{ LB/Hrx}1.2}{0.2302 \text{ FT}^2/\text{PASO}} = 1'139 \text{ 911 lb/Hr FT}^2$$

$$V = \frac{G}{3600 \times \rho} = \frac{1'139911 \text{ LB/Hr FT}^2}{3600 \frac{\text{Seg}}{\text{Hr}} \times 60.7 \frac{\text{LB}}{\text{FT}^3}} = 5.2 \text{ FT/seg}$$

$$Re = \frac{D_i G}{12 \cdot 2.42 \times \mu}$$

$$Re = \frac{0.55}{12} \times \frac{1139911}{2.42 \times 0.38} = 57330$$

$$h_{io} = 150 \times (1 + 0.011 \times 167) (5.2)^{0.8} \times \frac{(0.555)^{0.8}}{0.625}$$

$$h_{io} = 1590 \frac{\text{B.T.U}}{\text{Hr FT}^2 ^{\circ}\text{F}}$$

$$UD = \frac{1}{\frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_{io}} + R_w + R_d + \dots}$$

$$Rd_t = 0.000103 + 0.001 + 0.0005 \times \frac{0.625}{0.555}$$

$$Rd_t = 0.001666$$

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE EBULLICION DEL AGUA DE MAR.

$$\text{COEFICIENTES DE EBULLICION AGUA} = h\lambda = \begin{cases} \leq 62000 \times AT_c^{0.9532} & h\lambda_{\text{MAX.}} \\ \leq 0.08447 \times AT_c^{3.1471} & h\lambda_o \end{cases}$$

$$\text{COEFICIENTE DE CONVECCION NATURAL} = h_s \left. \begin{array}{l} = 48 \text{ (Kern)} \\ 25^\circ \end{array} \right\}$$

$$RQL = \frac{Q_u}{Q_t} \qquad RQS = \frac{Q_S}{Q_t}$$

$$h_o = \frac{1}{\frac{RQL}{h\lambda} = \frac{RQS}{h_s}}$$

$$AT_e = T_w - T_b, \quad T_w = 127 + \frac{h_{io}}{h_{io} + h_o} \times 40$$

ATe = 25°F SUPUESTA

$$\left. \begin{array}{l} 62000 (25)^{-0.9532} = 2883 \\ 0.08447 (25)^{3.1471} = 2119 \end{array} \right\} h\lambda = 2119$$

$$RQL = \frac{3710816}{3936700} = 0.943 \qquad RQS = \frac{225884}{3936700} = 0.057$$

$$h_o = \frac{1}{\frac{0.943}{2119} + \frac{0.057}{48}} = 612.5 \frac{\text{B.T.U}}{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$T_w = 127 + \frac{1590}{1590 + 612.5} \times 40 = 156$$

$$AT_{\text{calc.}} + 156 - 127 = 29^\circ \neq 25^\circ\text{F}$$

ATsup.	h MAX	h o.	h	hs	ho	Tw	ATcalc.
25	2880	2119	2119	48	612.5	156	29
29	2503	3381	2503	49	649.3	155.4	28.4
28.4	2252	3169	2252	48.7	649.0	155.4	28.4 o.k.

$$A_{\text{Te sup}} = A_{\text{Te calc.}}$$

$$UD = \frac{1}{\frac{1}{1590} + \frac{1}{649} + 0.001666} = 261 \frac{\text{B.T.U}}{\text{Hr FT}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$AREQ. = \frac{Q_t \times 1.2}{UD \times AT_{\text{BALANC}}}$$

$$AREQ. = \frac{3'936700 \times 1.2}{261 \times 40.35} = 449 \text{ FT}^2$$

$$\text{No. TUBOS DE 5' Lg.} = \frac{AREQ.}{\frac{\pi D \times 5}{12}}$$

$$\text{No TUBOS DE 5' Long.} = \frac{449}{0.1636 \times 5} = \frac{549}{4} = 137$$

$$\text{No. TUBOS CALCULADO} = \text{No. TUBOS SUP.}$$

274 TUBOS EN U EN UN DIAMETRO DE 22 1/2"

$$\frac{L}{D} = \frac{60}{23.5} = 2.67$$

CAIDA DE PRESION POR DENTRO DE TUBOS

$$f_D = f(\text{Re}) = 0.003113 \text{ Re}^{-0.2636} \quad \text{Re} > 1000$$
$$= 0.482103 \text{ Re}^{-0.99355} \quad \text{Re} \leq 1000$$

$$f_D = 0.000173$$

$$S_{gr} = \frac{60.9}{62.4} = 0.976$$

$$AP = \frac{f_D \rho G^2 X L T' X N P}{4.35 \times 10^9 d_i \times 5 g r \times \phi t}$$

$$Q_t = 1.0 \text{ AGUA}$$

$$AP = \frac{+0.000173 \times (1.139911)^2 \times 5 \times 4}{4.32 \times 19^7 \times 0.555 \times 0.976 \times 1.0}$$

$$AP = 1.9 \text{ PSI}$$

CALCULO DEL EDUCTOR

$$VEUP = \frac{D^2}{4} (H) = \frac{(6\text{FT})^2}{4} (6 \text{ FT}) = 169.6 \text{ FT}^3$$

DE LUDWIG FIG. 6.21

AIRE INFILTRADO $6 \times 2 = 12 \text{ lb/Hr.}$

$$P^{\circ} \text{H}_2\text{O}@ 37^{\circ}\text{C} = 1.83 \text{ in Hg ABS} = 46.5 \text{ mm Hg ABS}$$

$$P_{aire} = 103 \text{ mm Hg} - 46.5 \text{ mm Hg} = 56.5 \text{ mm Hg ABS}$$

$$W_v = \frac{W_n M_v P_v}{M_n P_n}$$

DONDE:

W_n = Aire infiltrado lb/Hr.

M_v = Peso molecular del vapor lb.

P_v = Presión de vapor mm.Hg.

M_n = Peso molecular del aire lb.

P_n = Presión del aire mm Hg.

W_v = lb/Hr de vapor de agua lb/Hr.

$$W_v = \frac{.12 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}} \times 18 \text{ lb} \times 46.5 \text{ mm/Hg}}{29 \text{ lb} \times 56.5 \text{ mm/Hg}}$$

$$W_v = 6.13 \text{ lb/Hr H}_2\text{O}$$

$$\eta_{\text{Aire}} = \frac{12}{29} = 0.414$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{6.13}{18} = 0.341$$

$$\eta_t = 0.755 \text{ Lbmo/HL}$$

IMPCDS = 109.7946 lb-mol/Hr (Co°F y 1 ATN)

$$X = 0.755 \text{ lb mol/Hr}$$

$$X = 0.0069 \text{ MMDLDS} = 4.8 \frac{\text{FT}^3}{\text{MIN}} \text{ STD}$$

CANTIDAD A EVACUAR

MODELO MAS EFICIENTE: ELL:

P SUCCION = 5" Hg

P DESC. = 5 PSIG

$$\text{BHP} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP}}{1714 \times \text{N}} \quad \text{BOMBA}$$

$$\text{N} = 0.7$$

TABLA PARA SELECCION DEL EDUCTOR

PSUCC i n H g	PH ₂ O PSIG	CAPACIDAD	FLUJO H ₂ O G P M	$\frac{4.8}{\text{CAPAC.}}$	FACTOR	GPM H ₂ O CORREGIDOS	SCFM CORREGIDOS	TAMANO DE EDUCTOR	B H P BOMBA
	40	—	25.3	—	—	—	—	—	—
	→ 60	1.2	29.2	4.0	5.92	172.86	7.1	3"	5.0
5	80	1.7	32.5	2.8	3.17	103.00	5.4	2 1/2"	4.7
	100	2.1	35.4	2.3	3.17	112.22	6.7	2 1/2"	7.0
	140	3.0	40.6	1.6	1.82	73.89	5.5	2"	7.1
	200	3.5	46.2	1.4	1.82	84.10	6.4	2"	12.2

$$\text{BHP} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP} \times 2.31}{3960 \times}$$

$$\text{BHP} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP (PSI)}}{1714 \times}$$

CALCULO DE LOS BHP PARA LA BOMBA DE DESTILADO

$$\text{Psucc.} = 12.7 \text{ lb/in}^2 \text{ Man.}$$

$$\text{Pdesc.} = 5 \text{ lb/in}^2 \text{ Man.}$$

$$\text{AP} = \text{Pdesc.} - \text{Psucc.}$$

$$\text{AP} = 5 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} - (-12.7) \text{ lb/in}^2 \text{ Man} = 17.7 \text{ lb/in}^2 \text{ Man.}$$

$$\text{AP} = 17.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \text{ man.}$$

$$\eta = 0.7$$

$$\text{GPM} + 7.25 \text{ Gal/min.}$$

$$\text{BHP} = \frac{7.25 \times 17.7 \times 2.31}{3960 \times 0.7}$$

$$\text{BHP} = 0.1069 \quad \text{MOTOR DE } 1/4 \text{ H.P.}$$

$$1 \text{ H.P.} - 745.7 \text{ WATTS}$$

$$\frac{1}{4} \text{ H.P.} - X = 186.4 \text{ WATTS}$$

CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA ADUCTORA.

$$\text{Psucc.} = 25.0 \text{ psig.} \quad \text{GPM} = 173$$

$$\text{Pdesc.} + 60 \text{ psig.}$$

$$\text{AP} = \text{Pdesc.} - \text{Psucc.}$$

$$\text{AP} = 60 \text{ psig} - 25.0 \text{ psig} = 35 \text{ psia.}$$

$$\text{BHP} = \frac{173 \times 35}{1714 \times 0.7} = 5.0$$

$$\text{BHP} = 5.0 \quad \text{MOTOR DE } 7 \frac{1}{2} \text{ H.P.}$$

POTENCIA = 5,593 WATTS

SOLUCION DE POLIFOSFATO : 2% EN PESO

AGUA ALIMENTADA AL EVAPORADOR : 3267 /Hr.

POLIFOSFATO REQUERIDO PARA EVITAR LA INCROSTACIAS : 3.5 ppm

POLIFOSFATO TOTAL PARA EL FLUJO DE AGUA : 11.5 g/Hr.

FLUJO DE SOLUCION DE POLIFOSFATO: 3.62 GPA

CAIDA DE PRESION PARA LA BOMBA DOSIFICADORA.

$$Z_1 + \frac{144P_1}{1} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{144P_2}{2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_2$$

CONSIDERANDO LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN (HL) IGUAL A CERO
IGUAL QUE Z_2 .

$$P_2 = 2Z_1 + P_1$$

$$Z_1 = 3.8 \text{ FT}$$

$$2 = 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{FT}^3}$$

$$P_1 = 14.7 \frac{\text{lb}}{\text{M}^2} \text{ abs.}$$

$$P_2 = 3.8 \text{ FT} \times 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{FT}^3}$$

$$P_2 = 237 \frac{\text{lb}}{\text{FT}^2} \times \frac{1\text{FT}^2}{144 \text{ in}^2} = 1.65 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \text{ man.}$$

ESTA PRESION ES A LA SUCCION DE LA BOMBA

$$P_3 = Z_3 \rho_3 + P_4$$

$$P_4 = 25.5 \text{ lb/in}^2 \text{ man.}$$

$$Z_3 = 1.65 \text{ FT} = 19.7 \text{ in}$$

$$f_3 = 62.4 \frac{1b}{FT^3} = 0.036 \frac{1b}{In^3}$$

$$P_3 = 19.7 \text{ in} \times 0.036 \frac{1b}{In^3} + 25.5 \frac{1b}{In^2} \text{ man}$$

$$P_3 = 26.2 \frac{1b}{In^2} \text{ man} \quad \text{PRESION DE SUCCION}$$

$$\Delta P = P_3 - P_2$$

$$\Delta P = 26.2 \frac{1b}{In^2} \text{ man} - 1.65 \frac{1b}{In^2} \text{ man.}$$

$$\Delta P = 24.5 \text{ psia}$$

III.9 -- ESPECIFICACION DE LOS EQUIPOS.

POTABILIZADORA DE AGUA DE MAR		
LOCALIZACIÓN	SONDA DE CAMPELLO, BAHÍAS	
CLAVE	EK-101	
NO. VARIABELES	UNA (1)	
CAMBIADOR DE CALOR		
HOJA DE DATOS		
SERVICIO POR UNIDAD EVAPORADOR DE AGUA DE MAR		
TAMAÑO	X 60"	TIPO B-U
POSICIÓN		HORIZONTAL
SUPERFICIE POR UNIDAD (GRUETA, EFECTIVA)		PIE. M ² ENVOLVENTES POR UNIDAD
SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GRUETA, EFECTIVA)		PIE. M ² ARREGLO DE ENVOLVENTES

CONDICIONES DE OPERACION POR UNIDAD

FLUIDO CIRCULANDO	LB/HR	KG/HR	LADO ENVOLVENTE		LADO TUBOS	
			AGUA DE MAR	AGUA DULCE	AGUA DULCE	AGUA DULCE
FLUIDO TOTAL ENTRANDO			7384.0	218.673.0	218.673.0	218.673.0
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
LÍQUIDO	LB/HR	KG/HR	7384.0	7384.0	218.673.0	218.673.0
GRAVEDAD ESPECÍFICA			1.0200	1.0500	0.9700	0.9800
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	BTU/HR PEE	KCAL/HR M ² C	0.3510	0.3590	0.3980	0.3890
CALOR ESPECÍFICO	BTU/LB °F	KCAL/KG °C	0.9460	0.9080	1.0000	1.0000
VISCOSIDAD	CP	CG	0.8030	0.6540	0.3600	0.4000
PESO MOLECULAR	LB/LMOL	KG/KMOL	18.3200	18.3200	18.0200	18.0200
VAPOR	LB/HR	KG/HR		3611.00		
CALOR LATENTE	BTU/LB	KCAL/KG		1071.80		
PESO MOLECULAR	LB/LMOL	KG/KMOL		18.0200		
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	BTU/HR PEE	KCAL/HR M ² C		0.1160		
CALOR ESPECÍFICO	BTU/LB °F	KCAL/KG °C		0.4500		
VISCOSIDAD	CP	CG		0.0110		
DENSIDAD	LB/FT ³	KG/M ³		0.0058		
TEMPERATURA	°F	°C	93.0	128.0	176.0	158.0
PHENON (ATM)	14 / PSI (ATM) / PUNTO MAN	°C / °C / MAN	-12.7	-12.7		
NT PASOS				0/0		CUATRO
VELOCIDAD	PIE/SEG	M/SEG				5.2
CAIDA DE PRESION	LB/PIE ²	KG/CM ²		PERMITIDA	CALE	10.0 PERMITIDA 1.9 CALE
FACTOR DE ENVOLVIMIENTO	PIE/HR	M/HR	0.001		0.0005	
CALOR TRANSFERIDO	BTU/HR	KCAL/HR	3936700.0 X 1.2			40.3
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA	BTU/HR PEE	KCAL/HR M ² C	460.80		LÍMITE ECONOMÍA	261.0

CONSTRUCCION POR ENVOLVENTE

PHENON DE DISEÑO	LB/PIE ² MAN	KG/CM ² MAN	VACIO TOTAL	75.0
PHENON DE PRUEBA	LB/PIE ² MAN	KG/CM ² MAN	25.0	115.0
TEMPERATURA DE DISEÑO	°F	°C	180.0	230.0
TUBOS SB-171-706	No. 548	D 5/8	PULO BWG 20	LONG 5.0
ENVOLVENTE	GW-NI 90-10	D 1	PULO - TUBOTIPO	1.150
TAPA DE ENVOLVENTE			TAPA DE CABEZAL FLOTANTE	
CANAL SB-171-715			TAPA DEL CANAL SB-171-715	
ESPEJES FIJO SB-171-715			FLOTANTE	
MAMPARAS/SOPORTE DE TUBOS SB-171-706			ESPACIAMIENTO/RUM	
MAMPARA LONGITUDINAL			PLACA DE CHOQUE	40
TIPO DE UNIÓN	ENVOLVENTE		TUBOS BRIDADOS	TUBO A ESPEJO
EMPADRES ENVOLVENTE A TAPA			ENVOLVENTE A ESPEJO (1)	ESPEJO A CANAL (1)
CARZAL FLOTANTE			CANAL A TAPA	PAJAS DE SELLO
CORROSION PERMISIBLE LADO ENVOLVENTE	0.		PULO LADO TUBOS	0
CORROSION PERMISIBLE LADO TUBOS	0.		ENV. Y ÚLTIMA EDICIÓN, ADENDAS Y ESPECIFICACIONES	
GENERALIDADES DEL DISEÑO				
PESO ENVOLVENTE DE TUBOS	LB	KG	LB KG HAY DE TUBOS	LB KG LLENO DE AGUA
PESO EN OPERACION			LB	KG
NOTAS GENERALES				
(1) CUBO CON INSERCIÓN DE LONA				

U. N. A. M.		
ARTURO J. ACAYATE SONI	FAC. DE QUÍMICA	MEXICO D.F. 1988

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE MAR

LOCALIZACIÓN SONDA DE CAMPECHE

CONTRATO NO

CLAVE EJ-101

Nº DE UNIDADES UNA

RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO EVAPORADORA DE AGUA DE MAR		POSICION VERTICAL		MATERIAL	
TIPO DE FLUIDO: LIQ. DOSESILADO/SALMUERA	FLUJO: 27,8/27,2	ESM: DENSIDAD 0,99/1	g/cm ³		
TEMPERATURA (1) OPERACION 37/54 °C	FLUJO: 0,002	M ³ /SEG. DENSIDAD 0,0001	g/cm ³		
PRESION OPERACION 103 mmHg abs	MAX. M ³ 90 mm /Hg	DISEÑO 102	°C		
DIMENSIONES LONGITUD 1,829	DIAMETRO 1,829	CAP TOTAL 4804	l		
NIVEL (1) NORMAL 152/839	MAXIMO 229/889	MINIMO 76/660	mm		
ALARMA ALTO NIVEL - / -	ALARMA BAJO NIVEL - / 762	NIVEL DE PARO 152/660	mm		

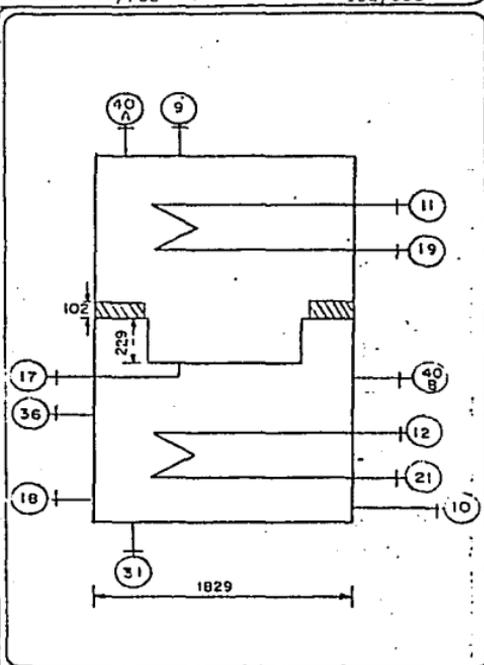
MATERIALES CASCARON (1)-N1 (90-10)	CU-N1 (90-10)
MALLA SEPARADORA ESPESOR 102	N1-CU (70-30)
TIPO CIRCULAR DIAMETRO	
TIPO RECTANGULAR LONGITUD 609	ANCHO 609
LONGITUD PERI. CASARON	CAMBIOS
AISLAMIENTO XX 31	
RECUBRIMIENTO INTERNO XX 3	

BOLQUILLAS

Nº	AREA	CONDICION	DESCRIPCION
9	1	39	Vapor a EG-101
10	1	38	Alimentación de agua de mar
11	1	102	Agua de mar A EJ-101
12	1	102	Agua de Caliente EJ-101
17	1	51	Destilado
18	1	51	Salida de Salmuera
19	1	102	Salida de agua de mar
21	1	102	Salida de agua de Calent.
31	1	51	Drene
36	1	33	Indicador de Presión
42AB	2	28	Indicador de temperatura

NOTAS

(1) Sec. de Fond./Sec. de Evaporación
(2) Dos mallas.
(3) Acot. en H.H.



U. N. A. M.

ARTURO J. ACJAYTE	F. A. C. DE QUIMICA	MEXICO D.F. 1988
-------------------	---------------------	------------------

HOJA DE DATOS DE LA MALLA

SERVICIO EVAPORADOR DE AGUA DE MAR

CONDICIONES DE OPERACION:

TEMPERATURA 128 °F, PRESION 103 mmHg Abs.

1.- FASE VAPOR

FLUIDO VAPOR SATURADO FLUJO 2.3 Lb/h
 VELOCIDAD SUPERFICIAL 16.3 ft/seg, PESO MOLECULAR 18.0
 DENSIDAD @ P B T 0.006 Lb/ft³, -
 SOLIDOS PRESENTES SODIO, MAGNESIO, SULFATOS.

2.- LIQUIDO

CANTIDAD MINIMO
 FLUIDO SALMUERA DENSIDAD @ T 65.4 Lb/ft³
 VISCOSIDAD 0.654 cp, TENSION SUPERFICIAL 74.33 dinas/cm

3.- REQUERIMIENTOS DEL PROCESO:

CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA MALLA 1.0 in H₂O
 EFICIENCIA DE SEPARACION ALTA

4.- DATOS DEL RECIPIENTE:

POSICION VERTICAL MATERIAL DE CONSTRUCCION Cu - Ni (70-30)
 LONGITUD 6.0 ft
 ESPACIO VAPOR 1.5 ft

5.- DATOS DE LA MALLA

DIMENSIONES

RECTANGULAR: LARGO: 2.2 ft, ANCHO 2.2 ft
 POSICION HORIZONTAL MATERIAL DE CONSTRUCCION Ni-Cu (70-30)
 DENSIDAD 9.0 lb/ft³, SUPERFICIE DE CONTACTO 118-135 ft²/ft³

U. N. A. M.

ARTURO J. ACUAYTE SONI	F. A. C. DE QUIMICA	MEXICO D. F. 1988
------------------------------	---------------------------	-------------------------

PLANTA: POTABILIZADORA DE AGUA DE MAR

LOCALIZACION: SONDA DE CAMPECHE

CONTRATO: - -

CLAVE: FG-101

No. DE UNIDADES: UNO (1)

EDUCTORES

SERVICIO: VAPOR SATURADO

No REQUERIDO EN USO CONTINUO: UNO (1)

DE RELEVOS: -

FABRICANTE: -

CONDICIONES DE OPERACION

VACIO A MANTENER: 103 mm. Hg ABS.

LIQ. MOTRIZ: AGUA DE MAR	PRESION: 60 PSIG	TEMPERATURA: 79 °F	FLUJO: 173 GPM
FLUIDO EVACUADO: VAPOR SATURADO	PESO MOLECULAR: 18.0	TEMPERATURA: 129 °F	FLUJO: 12.0 lb/hr

No. DE ETAPAS: 1 SIMPLE ETAPA

MATERIALES DE CONSTRUCCION

DIFUSOR Y CAMARA DE SUCCION: BRONCE

BOQUILLA DE LIQ. MOTRIZ: BRONCE

NOTAS:

U. N. A. M.

ARTURO J. ACUAYTE SONI	F. A. C. DE QUIMICA	MEXICO- D. F. 1988
------------------------------	---------------------------	--------------------------

PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE MAR
 LOCALIZACION SONDA DE CAMPECHE MEXICO.
 CLAVE GA-102
 Nº UNIDADES 2 (DOS)

B O M B A S C E N T R I F U G A S

SERVICIO BOMBA DE AGUA POTABLE
 EN USO CONTINUO UNA
 Nº REQ. DE RELEVOS UNA
 FABRICANTE BOMBA
 ACCIONADOR MOTOR ELECTRICO
 ACCIONADOR MOTOR ELECTRICO
 TAMAÑO Y TIPO

CONDICIONES DE OPERACION	COMPORTAMIENTO
LIQUIDO AGUA POTABLE	CURVA PROPUESTA No. (1)
GPM o T.B. NORM. 7.2 DIS. B=7	NPSH NEC. (AGUA) m. (1)
DESCARGA Kg/cm ² man. 0.35	No. DE PASOS (1) RPM (1)
TEMP. BOMBEO (T.B.) °C 37	EFIC. DE DISEÑO (1) BHP (1)
DENS. REL. (Sp Gr) o T.B. 0.992	MAX. BHP DE DIS. EN IMPUL. (1)
P. VAPOR o T.B. Kg/cm ² ABS 0.05	MAX. CCLUM. DE DIS EN IMPUL. m. (1)
VISCOSIDAD o T.B. cp. 0.70	GASTO MIN. CONT. GPM (POR FAB.) (1)
CORR./ERO. CAUSADA POR AGUA POTABILIZADA 1/4 H.P.	ROTACION FRENTE ACOPLAMIENTO (1)

CONSTRUCCION Y MATERIALES					AGUA ENFRIAMIENTO PARA:	
CARCAZA - MONTAJE (EJE) (BASE) (MEMBRANA) (VERTICAL)					PALEROS	
- TAPA (AXIAL) (HORIZONTAL)					ESTOPERO	
- TIPO (VOLUTA SIMPLE) (DOBLE VOLTA) (INFUSOR)					PISTONAL	
- BARRIENOS ROSCADOS (VENTEO) Y (DISEÑO X)					PRENSA ESTOPA	
BOQUILLAS	DIAM.	CLASIF. ASA	CARA	POSICION	AGUA NECESARIA GPM	
- SUCCION	(1)	(1)	F.F.	HORIZONTAL		
- DESCARGA	(1)	(1)	F.F.	HORIZONTAL		
IMPULSOR TIPO CERRADO	DIAM. DISEÑO (1)	MAX (1)			ENFRIAMIENTO EMPAQUE	
CALEROS No. (1)	RADIAL BOLAS	AXIAL BOLAS			AGUA DE SELLO	
COPLE Y GUARDA (1)	PLACA DE BASE (1)				TUBERIA AUXILIAR	
EMPAQUE (1) (2)						
SELLO MECANICO	CODIGO (1)	FABR.				

CLAVE DE LOS MATERIALES		CARCAZA PARTES INTERNAS	MATERIAL	PALPAS DE TALLER NECESARIO CON TESTIGOS		
I.-F. FUNDIDO	IMPULSOR		(1) (2)	FUNCIONAMIENTO	(1)	HQ
B.-D.B.O.H.C.C.	INTERIORES (CARCAZA)			NPSH	(1)	SI
S.-A.C.E.R.O.	CAMISA (EMPAQUADA)				(1)	MP
C.-H.-13-3% CROMO	CAMISA (DE SELLO)					
A.-ALEACION	PARTES DE GASTABLES					
B.-ENDURECIDO	FLECHA					
J.-PULIDO						
X.-						

MOTOR POR (1)	TURBINA POR	DATOS FINALES DEL FABRICANTE	
CLAVE GA-102 MONTADA POR (1)	CLAVE MONTADA POR (1)	DIAM DEL IMPULSOR (mp) (1)	
HP 1/4 RPM 1800 CORAZA TCCV	HP RPM MAT.	CURVA DE PRUEBA No. (1)	
MARCA (1)	MARCA TIPO	DIB. GENERAL No. (1)	
TIPO (1)	VAPOR ENT Kg/cm ² man	DIB. DETALLES DE BOMBA No. (1)	
ENOLT. (1)	LSCAF. Kg/cm ² man	DIMENSIONES SELLO EN DIB No. (1)	
VOLT./FAS. CICLOS 220/3/60	CONSUMO DE VAPOR Kg/BHP/H	No DE SERIE DE LA BOMBA	
VALEROS BOLAS	PALEROS LUBR.		
AMP PLATA CARBA	BOQUILLAS DIAM. CLASIF. ASA CARA POSICION		
	ENTRADA		
	SALIDA		

REGIDA POR CENTRO API 60 SI NO SE ESTABLECE OTRA COSA
 OBSERVACIONES

- (1) POR FABRICANTE
- (2) DE ACUERDO CON API-610 1-1

U. N. A. M.		
ARTURO J. ACUAYTE	FAC. DE QUIMICA	MEXICO D.F. 1988

PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE HAR
 LOCALIZACION: SONDA DE CALIPECHE, MEXICO
 CLAVE: GA-103/R
 No UNIDADES: 2 (DOS)

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
 HOJA DE ESPECIFICACIONES.

SERVICIO: DOSTIFICACION DE QUINICO
 No RED EN USO CONTINUO: UNA ACCIONADOR MOTOR ELECTRICO
 No RED DE PERELOS: UNA ACCIONADOR MOTOR ELECTRICO
 FABRICANTE: TAMARO Y TIPO:

CONDICIONES DE OPERACION DATOS DEL FABRICANTE (1)

FLUIDO: POLIFOSFATO DE SODIO
 TEMP DE BOMBEO: 26 °C, PRES VAPOR @ T B: 0.035 KG
 VISCOSIDAD @ T B: 0.998 Cp, GRV ESPECIFICO: 0.998
 FACTORES DE FUSION O CORROSION: _____
 CAPACIDAD GP: MAX _____ MIN _____ NORMAL: 3.62
 PRES SUCCION, Kg/cm² mon MAX: 0.07 MIN: 0.35 NORM: 0.11
 PRES DESCARGA, Kg/cm² mon MAX: 10.5 MIN: _____ NORM: 1.84
 NPSH DISPONIBLE: 36 FT REQ: 0.5 FT
 BHP DE DISC: 53 WATTS (0.07 HP)
 PRUEBA MONOSTANCA: _____

MATERIALES DE CONSTRUCCION
 PIES DEL LADO DE LIQUIDO: ACERO AL CARBON
 EJE: ACERO INOXIDABLE
 CARCASA: ACERO AL CARBON
 PREENSA-ESTOPA: _____
 METALES ANTI-RICCION DE BIELA: _____
 ENGRANES: _____
 VALVULAS SUCCION: CERAMICA DESCARGA: CERAMICA
 ASIENTOS DE VALVULAS: POLIPROPILENO
 MUELLES DE VALVULAS: _____ TIPO: _____
 EMPAQUE DE VALVULAS: _____ DE CARCASA: _____
 DIAFRAGMA: RECUBRIMIENTO DE TEFELON
 ANILLO DE CIERRE HIDR: _____
 BASE (SI) (NO) TIPO: ACERO

MOTOR
 ELECTRICO DE GAS DE AIRE
 DE VAPOR DE COMBUSTION INTERNA
 FABR Y TIPO: (1)
 VEL CONSTANTE VEL VARIABLE
 BHP MAX _____ RPM MAX _____
 FASES _____ CICLOS _____ VOLTS _____
 ENCAPSULAMIENTO _____ CORAZA No _____
 POTENCIA CONSUMIDA KW _____
 CILINDRO DE POTENCIA DIAM _____ CARRERA _____
 PRES DE SUMINISTRO DEL VAPOR GAS O AIRE _____ PRES. ESCAPE _____
 CONSUMO DE VAPOR GAS O COMB A VEL MAX _____
 CONTROL DE VEL ELEC. NEUMAT MANU:
 AUTONATICO IIC
 ATENUADO DE VELOCIDAD, % _____
 REDUCI DE VEL INTEGRADO SEPARADO
 CONTROL DE VEL NO REMOTO

CONEXIONES

TAMARO	TIPO	SERIE
SUCCION: 1/4"	ROSCADA	
DESCARGA: 1/4"	ROSCADA	
INTERPASO		
DRENS		

LUBRICACION

PURGAS DE GASES: NUN _____ DIAM _____
 PURGAS DE LIQUIDO: NUN _____ DIAM _____

MISCELANEOS
 AJUSTE DE LA CARRERA
 MANUAL AUTO EN OPERACION PARADA
 REMOTO LOCAL
 SERIAL NEUMAT ELECT HIDRAUL

OBSERVACIONES
 (1) POR FABRICANTE.

U. N. A. M.
 ARTURO J. ACUAYTE SONI F. A. C. DE QUIMICA MEXICO D.F. 1988

PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE MAR
 IDENTIFICACION: SONDA DE CAMPECHE, MEXICO
 CLAVE: GA-101/R
 NO. USUARIOS: 2 (DOS)

B O M B A S C E N T R I F U G A S

SERVICIO NORMA DE AGUA DE BEBIDA
 No. REQ. EN USO CONTINUO: UUA
 DE SERVICIOS: UUA
 ACCIONADOR: MOTOR ELECTRICO
 ACCIONADOR: MOTOR ELECTRICO
 FABRICANTE BOMBA: TAMAÑO Y TIPO

CONDICIONES DE OPERACION COMPORTAMIENTO

LIQUIDO: AGUA DE MAR GPM o T.D. NORM. 173 DIS CURVA PROPUESTA No. (1)
 DESCARGA Kg/cm² man. 4.2 NPSH NEC. (AGUA) m. (1)
 TEMP. DISEÑO (T.D.) °C 34 F.SUC. Kg/cm² man. MAX. 1.8 DIS No. DE PASOS (1) RPM (1)
 DENS. REL. (Sp Gr) o T.B. 1.03 R.DIE Kg/cm² 2.4 EFF. DE DISERO (1) BHP (1)
 P. VAPOR o T.B Kg/cm² ABS. 0.05 COLUMNA DIF. n3-4 MAX. BHP DE DIS. EN IMPL. (1)
 VISCOSIDAD o T.B. cp LPSH DISP. o P.T. m. 27.8 MAX. CCLUM. DE DIS EN IMPL. m. (1)
 CORR/ERO. CAUSADA POR: AGUA DE POTENCIA HIDRAULICA 7.1 HP GASTO MIN. COAT. GPM (POR FAB) (1)
 CONSTRUCCION Y MATERIALES ROTACION FRENTE ACOPPLAMIENTO

CARCAZA - MONTAJE (EJE X HUBANE XVERSULA (VERTICAL)
 - TAPA (AXIAL) (RADIAL)
 - TIPO (VOLUTA SIMPLE) (DOBLE VOLTA) (DIFUSOR)
 - BARRIDOS ROSCADOS (VENTEOX) (MORNE X) (MANOMETROX)

BOQUILLAS DIAM CLASIF. ASA CARA POSICION
 - SUCCION (1) (1) F.F. HORIZONTAL
 - DESCARGA (1) (1) F.F. HORIZONTAL

IMPULSOR TIPO CERRADO DIAM. DISERO (1) MAX (1)
 PALEROS No. (1) RADIAL BOLAS AXIAL BOLAS
 COPLI Y GUARDA SI PLACA DE BASE SI

EMPAQUE
 SELLO MECANICO SI CODIGO (1) FABR. -

AGUA ENFRIAMIENTO PARA:
 PALEROS
 ESTOPERO
 PENETAL
 PRENSA ESTOPA -
 AGUA NECESARIA GPM -

ENFRIAMIENTO EMPAQUE -
 AGUA DE SELLO
 TUBERIA AUXILIAR -

CLAVE DE LOS MATERIALES	CARCAZA PARTES INTERNAS	MATERIAL
I-F. FUNDIDO	IMPULSOR	
B-BRONCE	INTERIORES (CARCAZA)	
S-A.C.E.N.O.	CAMISA (EMPAQUADA)	
S-(11-13%) (NOVO)	CAMISA (DE SELLO)	
A-ALEACION	PARTES DESGASTABLES	
B-ENDURECIDO	FLECHA	
L-PULIDDO		
X-		

DATOS DE TALLER	NECESARIO	CON TESTIGOS
FUNCIONAMIENTO	SI	NO
HIDROSTATICA	SI	NO
HEROSTATICA (1)	Kg/cm ² man. (1)	
P.DE OCHR. MAX PERM (1)	Kg/cm ² (1)	°C
PESOS BOMBA (1)	BASE (1)	
M	MOTOR (1)	TURBINA

MOTOR POR:	TURBINA POR:	DATOS FINALES DEL FABRICANTE
CLAVE GA-101 MONTAJE POR (1)	CLAVE MONTADA POR	DIAM. DEL IMPULSOR (mm)
HP 1 (1) RPM 1800 CORAZA JCCV	HP RPM MAT.	CURVA DE PRUEBA No.
MARCA (1)	MARCA TIPO	DIB. GENERAL No.
TIPO (1) MONTAJE (1)	VAPOR ENT Kg/cm ² man	DIB. DETALLES DE BOMBA No.
ENVOLT. (1) LLEV. TEMP. (1) °C	ESCALAS Kg/cm ² man	DIMENSIONES SELLO EN DIB No.
VOLT/FASOS/CICLOS 220/3/60	CONDENSAS DE VAPOR Kg/BHP/HR	No DE SERIE DE LA BOMBA
BALEROS BOLAS LUBR GRASA	BALEROS LUBR.	
AMP PLATA CARGA	BOQUILLAS DIAM (CLASIF. ASA) CARA POSICION	
	ENTRADA	
	SALIDA	

REGIDA POR CONTR API 60 SI NO SE ESTABLECE OTRA COSA.
 OBSERVACIONES

- (1) POR FABRICANTE
- (2) DE ACUERDO CON API-610-1-1

U. N. A. M.		
ARTURO J. ACUAYE SONI	F.A.C. DE QUIMICA	MEXICO D.F. 1988

PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DE Toluca
 LOCALIZACION SONIDA DE CAMPLICH, MEXICO
 CLAW (J)-101
 No. UNIDADES UNA (1)

CAMBIADOR DE CALOR
 HOJA DE DATOS

SERVICIO POR UNIDAD CONDILSADON DE AGUA DE MAR
 TAMANO 90" X 60" TIPO B-M POSICION HORIZONTAL
 SUPERFICIE POR UNIDAD (LIMPIA, EFECTIVA) - PIE² M² ENVOLVENTES POR UNIDAD -
 SUPERFICIE POR ENVOLVENTE (GRUSA, EFECTIVA) - PIE² M² ARREGLO DE ENVOLVENTES -

CONDICIONES DE OPERACION POR UNIDAD

FLUIDO CIRCULACH	LADO ENVOLVENTE		LADO TUBOS	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
FLUIDO TOTAL ENTRANDO	3611 X 1.7			
LIQUIDO	3611.00	286.709.0	286.709.0	286.709.0
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.9990	0.3430	1.0200	1.0200
CONDUCTIVIDAD TERMICA	0.3620	0.3430	0.3610	0.3610
CALOR ESPECIFICO	0.3850	0.3430	0.3460	0.3460
VISCOSIDAD	0.5870	0.9600	0.2030	0.2030
PESO MOLECULAR	18.020	18.320	18.320	18.320
VAPOR	3611.000			
CALOR LATENTE	102.800			
PESO MOLECULAR	18.000			
CONDUCTIVIDAD TERMICA	0.1160			
CALOR ESPECIFICO	0.450			
VISCOSIDAD	0.011			
TEMPERATURA	0.005			
PRESION (ATM)	12.70	99.0	78.0	93.0
NO PASOS			35.0	27.0
VELOCIDAD	11.0			CUATRO 6.98
CAIDA DE PRESION		PERMITIDA	CALC 10.0	PERMITIDA 3.4 CALC
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO	0.0005		0.001	
CALOR TRANSFERIDO	3795.167 X 1.2			
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA	790.8		LIMPO 334.71	SERVICIO

CONSTRUCCION POR ENVOLVENTE

PRESION DE DISEÑO	VALOR TOTAL	75.0'
PRESION DE SERVIDOR	25.0	115.0'
TEMPERATURA DE DISEÑO	180.0	150.0'
TUBOS SB-171-715	NO. 368	E=0.750
ENVOLVENTE	CU-NU 90-10	PULG BANG 18 LENO 5
TAPA DE ENVOLVENTE	TAPA DE CAPEZAL FLATANTE	TOMO THO 1.150
CANAL SB-171-715	TAPA DCL CANAL SB-171-715	
ESPEJOS FIBO SB-171-715	FLATANTE	TIPO MAMPARRAS SOPORTES
MAMPARRAS/SOPORTE DE TUBOS SB-171-715	ESPECIALIZADO/NUM 19 1/4" X 2"	%CORTE 0'
MAMPARRA LONGITUDINAL		PLACA DE EMPUJE NO
TIPO DE UNION ENVOLVENTE	SOLDADA	TUBO A ESPEJO RULADO
EMPACQUES ENVOLVENTE A TAPA	ENVOLVENTE A ESPEJO	ESPEJO A CANAL (1)
CAPEZAL FLATANTE	CANAL A TAPA	PAJAS DE SELLO
COEFESION DE DISEÑO	LADO ENVOLVENTE	PULG LADO TUBOS
CONDICIONES REQUERIDAS TEMP. DEL ASMT	NO. DIV. 1 ULTIMA EDICION, AGENCIAS Y ESPECIFICACIONES	
CONDICIONES REQUERIDAS TEMP. DEL ASMT		
PESOS ENVOLVENTE DE TUBOS	LB POR HAZ DE TUBOS	LB POR LENO DE AGUA
PESO EN OPERACION	LB POR HAZ	
NOTAS GENERALES		

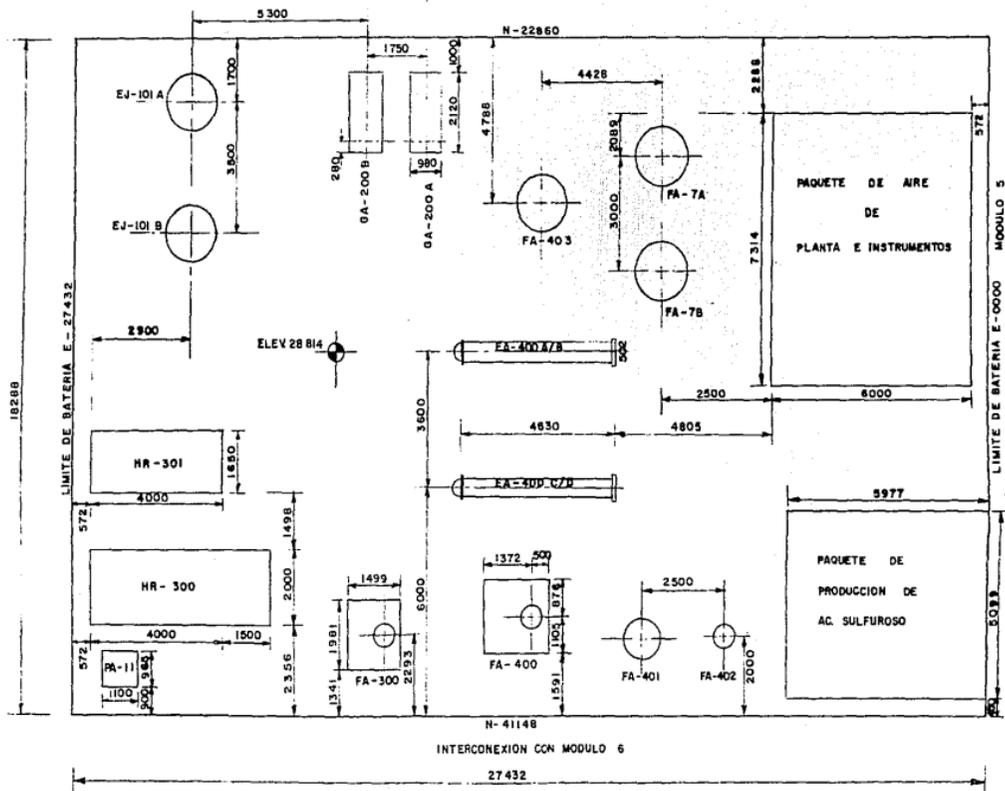
(1) CAUCRO CON INSERCIÓN DE LOMA.

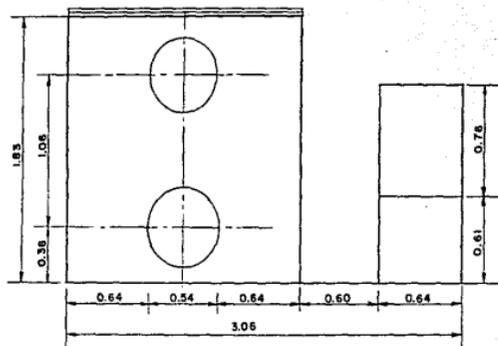
U. N. A. M.		
ARTURO J. ACUAYTE SONI	F. A. C. DE QUIMICA	MEXICO D.F. 1988

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.

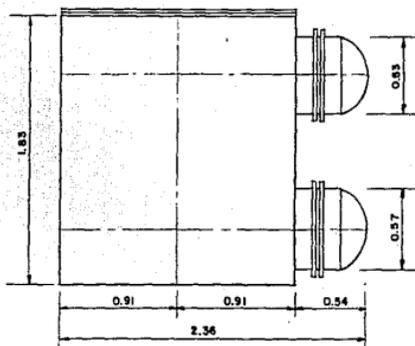
III.10. DIAGRAMA DE LOCALIZACION GENERAL.

INTERCONEXION CON MODULO 4





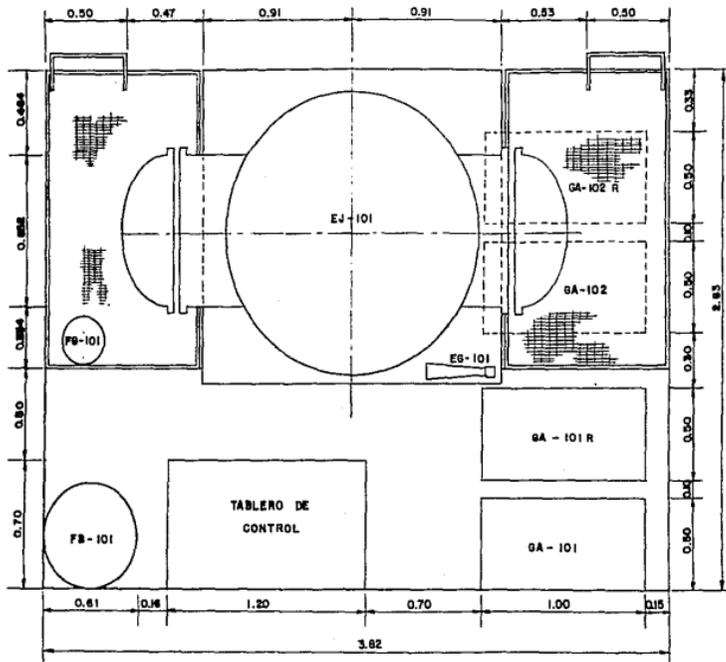
ELEVACION A-A



ELEVACION B-B

ARREGLO GENERAL DEL EQUIPO
DE PLANTA POTABILIZADORA
(ELEVACION)

ESC: 1:25 ACOT. EN MTS.



LISTA DE EQUIPO

CLAVE	DESCRIPCION
EJ-101	EDUCTOR
EG-101	EVAPORADOR DE AGUA DE MAR
EK-101	CONDENSADOR DE VAPOR DE AGUA
FB-101	TANQUE DE INHIBIDOR DE INCRUSTACION
FB-101	FILTRO DE ALIMENTACION
GA-101/R	BOMBA DE AGUA DEL EDUCTOR
GA-102/R	BOMBA DE AGUA POTABLE

IV. - CONCLUSIONES.

El desarrollo de este trabajo respaldado por los análisis realizados (en cuanto al espacio ocupado por el equipo, operabilidad, mantenimiento e idiosincracia), indican que para instalaciones costa-afuera, es -- más recomendable instalar equipos de evaporación sencilla (de un solo efecto) para efectos de disponer del abastecimiento de agua potable con un aseguramiento mayor en su disponibilidad, comparado con cualquiera - de los métodos alternos posibles mencionados para producirla.

Es relevante el hecho que bajo este procedimiento (evaporación de -- un solo efecto) es fácilmente aprovechable el calor residual que normalmente se desechan de máquinas que operan bajo la combustión de algún -- combustible tal como se describe en este trabajo, siendo el caso concreto el de recuperación de calor residual de gases de escape de los turbo generadores.

Por otro lado, se logro obtener un sistema optimo con los equipos ba sicos para que la planta potabilizadora sea autosuficiente; las caracte rísticas, dimensiones y condiciones de operación de los equipos requeri dos por el proceso, en función de las bases de diseño, balance de materia o energía y de acuerdo a los criterios de diseño establecidos.

Finalmente dadas las características del equipo de evaporación y sus accesorios requeridos, hacen posible su fabricación 100% nacional, lo - cual se dificulta para los procesos alternos de generación de agua dulce.

V. - BIBLIOGRAFIA

- 1.- POWELL T. SHEPPARD.
Acondicionamiento de Aguas para la Industria.
Ed. Limusa- Wiley, S.A.
- 2.- KERN Q. DONALD.
Procesos de transferencia de calor.
Ed. Continental, S.A. México.
- 3.- LUDWING E. ERNEST.
Applied Process Design for Chemican and Petrochemical Plants.
Vol. 1
Gulf Publishing Company.
- 4.- KARASSIK J. IGOR, KIUTZSCH C. WILLIAM. ET. AL.
Pump Handbook.
McGraw-Hill Book Company.
- 5.- CRANE CO. ENGINEERING DIVISION.
Flujo de Flúidos en Válvulas, Accesorios y Tuberfas.
- 6.- DESALACION DE AGUAS EN LA ARGENTINA.
Agua, 6. 1976.
- 7.- LA OSMOSIS INVERSA: UN PROCESO DE DESALACION DE AGUAS EN CONSTAN-
TE EVOLUCION.
Guillermo Tarquini y Oscar Domínguez.
Agua, 7. 1976.

- 8.- OSMOSIS INVERSA.
Roger Rivero.
- 9.- DESTILACION.
Dupont. Boletfn Técnico 205.
- 10.- LESIEUR ALFRED.
Purificación de Agua.
Industria Internacional Vol. 13, No. 9 1984.
- 11.- DISESA, PETER A.
Generación de Agua por Destilación.
Industria Internacional Vol. 13, No. 3 1984.
- 12.- DANIELS BOB.
Desalinación del Agua por Osmosis Inversa.
Industria Internacional Vol. 13, No. 11/12, 1984.
- 13.- REGLAMENTO FEDERAL SOBRE OBRAS DE PREVISION DE AGUA POTABLE.
Publicado en el Diario Oficial de Julio de 1988.