

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE EMISION ACEITOSA Y SU
POSIBLE CONTROL, EN LA REFINERIA
DE SALINA CRUZ, OAX.

T E S I S
Que Para Obtener el Título de:
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a

JOSAFAT LUIS ERNESTO CRUZ CASTILLO

México, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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


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

TESIS 1978

NO. M. 102 110

FECHA _____

PRGO _____

 _____



PRESIDENTE PROF.: GUILLERMO HERNANDEZ ANGELES.

VOCAL PROF.: PABLO BARROETA GONZALEZ.

SECRETARIO PROF.: ROBERTO ANDRADE CRUZ.

1er. SUPLENTE PROF.: GERARDO RODRIGUEZ ALONSO.

2o. SUPLENTE PROF.: ARTURO LOPEZ TORRES.

Sitio donde desarrolló el tema:

Lugares varios.

Sustentante:

Josafat Luis Ernesto Cruz Castillo.

ASESOR DEL TEMA:

ROBERTO ANDRADE CRUZ.

A mis padres:

Con todo cariño y agradecimiento, por el
esfuerzo que hicieron para lograr que --
realizara uno de mis más grandes anhelos.

SR. PEDRO CRUZ MARQUEZ Y
SRA. EVELIA CASTILLO DE CRUZ.

Con cariño a mis queridos hermanos:

ANTONIO, PEDRO, JAVIER, LAURA Y ARTURO.

A mi esposa:

MARIA AZUCENA.

Con amor y cariño.

A mi querida hija.

CINTHIA.

CARIÑOSAMENTE A TODOS MIS FAMILIARES .

A los Ingenieros:

ADAN CRUZ B. Y JAIME BARCENA L.

Con admiración.

A mis Maestros:

Con agradecimiento y respeto.

A mis amigos.

A MI QUERIDA FACULTAD DE CIENCIAS
QUIMICAS.

A todos aquellos que de-
algún modo contribuyeron
a la realización de este
trabajo.

I N D I C E

RESUMEN.

I .-INTRODUCCION.

II.-FINALIDAD.

III.-CONSIDERACIONES TEORICAS.

IV.-BASES DE DISEÑO.

V.-CALCULOS.

VI.-CONCLUSIONES.

VII.-BIBLIOGRAFIA.

RESUMEN

En lo fundamental, se planteará la aplicación de un proceso fisicoquímico para el control del efluente aceitoso enmarcado bajo límites permisibles establecidos por la Oficina de Protección Ambiental (OPA) de Pemex; para el logro de tal objetivo se propone la instalación de un sistema primario y uno secundario.

El sistema primario lo integran un carcamo regulador, separador de aceite de placas corrugadas, y una fosa de igualación, así mismo el Sistema Secundario por una máquina a flotación, una laguna de oxidación y una laguna de estabilización.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Debido a la enorme complejidad y variedad de productos que se arrojan al mar, y de las reacciones de todo origen a que se someten en el medio marino, es difícil establecer claramente una clasificación; sin embargo, en términos generales podemos considerar:

Agentes químicos, agentes bacteriológicos, materiales radioactivos y calor.

Las fuentes de contaminación, pueden ser por arrastre de los ríos y descarga desde barcos.

Contaminación química.- Como consecuencia del incremento en el consumo de energéticos, principalmente los derivados del petróleo y la creciente utilización de una gran variedad de productos químicos, se está propiciando la introducción en el mar de muchas sustancias ya sea como consecuencia de las descargas accidentales que llevan a cabo las embarcaciones que las transportan o bien por el arrastre de los ríos al desembocar en el mar.

Una de las fuentes de contaminación más abundante es la que se origina por el transporte de petróleo crudo y sus deriva

vados. Se estima que anualmente se descargan entre cinco y cien toneladas de hidrocarburos en el mar. Estas descargas provienen del lavado de buque-tanques, de los productos contenidos en el agua de lastre, de derrames durante las maniobras de descarga , carga y por accidentes.

Los hidrocarburos producen efectos nocivos en el mar, a través de diferentes mecanismos. Son materia consumidora de oxígeno, por ser parcialmente biodegradables. Algunos hidrocarburos producen efectos tóxicos a la vida acuática y otros producen alteraciones que dañan la calidad de los productos pesqueros. Los aceites persistentes en la superficie del agua afectan al planctón y a ciertas especies que necesitan oxígeno atmosférico y a las aves marinas.

Cuando se depositan en el fondo del mar, pueden dañar a la flora, y a la fauna subacuáticas.

Los productos químicos que se transportan a granel, de los cuales se tienen identificados alrededor de setecientos cuando se descargan en el mar por lavado de tanques o en el agua de lastre, pueden producir diversos problemas, según su grado de toxicidad; algunos de ellos, como los derivados de mercurio, cadmio y algunos organo-clorados, son persistentes. Uno de los efectos más nocivos de los productos químicos

persistentes y liposolubles es la gran facilidad de bioacumulación que tienen, lo cual hace que intervengan en cadenas tróficas, incluso al hombre como sucedió en Minamato, Japón.

Contaminación por bacterias.- Proviene principalmente del drenaje de aguas municipales que contienen los desperdicios domésticos y algunos residuos industriales. Los efectos que produce son: especialmente la proliferación de microorganismos patógenos al hombre y a las especies animales del medio marino y la aportación de materia orgánica consumidora de oxígeno por la vía bioquímica.

Los procesos mediante los cuales se afecta al eco-sistema marino varían de acuerdo con las características del mar en donde se arrojan. Es particularmente peligroso cerca de las costas y más aún en aguas estaurinas, ya que de esos lugares es donde más frecuentemente se capturan los organismos que han de servir como alimento para el hombre. Incluye también el tipo de corriente que prevalece en la zona de descarga; en los mares que tienen corrientes capaces de efectuar la dispersión disminuyendo el riesgo, lo que no sucede en mares cerrados o cuyas mareas son muy pequeñas.

La contaminación por bacterias contenidas en las aguas negras de los barcos es poco significativa en relación con la producida desde tierra.

Contaminación Radiactiva.- La contaminación radiactiva de los mares depende, en gran parte, de los vertimientos que se lleven a cabo para desechar materiales radiactivos, que no son económicamente aprovechables.

Contaminación Térmica.- La contaminación térmica tiene especial significado en los estuarios y aguas costeras, donde la concentración industrial es muy grande y se arrojan aguas de enfriamiento en tales cantidades que pueden aumentar la -- temperatura de esas aguas originando un desequilibrio ecológico.

Es bastante conocido el hecho de que la fauna acuática se desplaza en ciclos perfectamente definidos para su reproducción y crecimiento. Estos desplazamientos constituyen partes de los factores que condicionan las cadenas tróficas. Es también conocido el hecho de que la fauna acuática es muy sensibles a los cambios de temperatura, por lo que sí a causa de -- una descarga de calor la temperatura del agua se incrementa en dos o tres grados, esto puede originar un cambio en el desplazamiento de varias especies.

Lo expuesto anteriormente nos dá una visión clara de la urgente necesidad de resolver el problema de la contaminación ambiental, misma que abarca la lograda por desechos de -- todo tipo arrojados directamente a los ríos y mares; enfoque del presente trabajo recepcional.

CAPITULO II.

FINALIDAD.

Contribuir a una solución técnica, operativamente válida y efectiva, de la contaminación del aceite en las aguas de desecho de la refinería, mediante la aplicación de sistemas fisicoquímicos y así evitar la presencia de aceite en el efluente final de la refinería hacia el cuerpo corriente o receptor (Océano Pacífico).

Asimismo cumplir con las disposiciones gubernamentales y estar dentro de los límites marcados por el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas para la preservación del medio ambiente.

CAPITULO III

CONSIDERACIONES TEORICAS

Esencialmente, el Petróleo es una muy compleja mezcla de hidrocarburos con pequeñas cantidades de sulfuros, nitrógeno y derivados del oxígeno. Ordinariamente varían las cantidades de agua, sales solubles y minerales sólidos - que están asociados con el Petróleo, es función de una Refinería al recibir petróleo; extraer la asociación de agua, sólidos y otras impurezas y a través de una variedad de procesos, producir los productos comerciales de petróleos y entregarlos para su distribución. En el transcurso de estas operaciones, especialmente en los procesos de refinación y en los métodos de transferencia y almacenaje de aceites, existen facilidades para el escape de algo de aceite.

Procesos de Refinación.-

En una refinería, el aceite crudo, o sus fracciones se someten a muchas operaciones de refinación, incluyendo destilación térmica, desintegración catalítica, reformación, tratamientos químicos, alquilación, polimerización, isomerización y refinación de solventes.- Durante estas operaciones, los desperdicios de aceite pasan de las plantas a las alcanta

rillas y diversos puntos por las conexiones de salida ó escapes del -
cuello de las bombas, conexiones de muestreo, interruptor de líneas --
vertederos y condiciones similares.

En suma, grandes volúmenes de aceite pueden ser relevados a las alcan-
tarillas durante emergencias o paro programado en las unidades de ope-
ración, equipo de limpieza y unidades de arranque; sistemas de desfo--
gue de plantas de "craking" pueden descargar apreciables cantidades de
aceite (pesado) a las alcantarillas.

Separadores de Aceite.--Todos los separadores principales de refineries--
deberán ser de un diseño propio y tamaño adecuado para extraer eficien-
temente el aceite separable.

El funcionamiento de separadores tipo gravedad depende de la diferencia
en peso específico del aceite y del agua, velocidad de flujo a través --
del separador, tiempo de sedimentación y diseño del separador.

Los separadores tipo gravedad son muy usados en la industria petrolera.

El trabajo experimental y de investigación que ha sido efectuado sobre los separadores tipo-gravedad por muchos años y ha conducido a la adopción de principios fundamentales, que proveen bases matemáticas para la determinación de la forma y dimensiones del separador, ya sea del tipo American Petroleum Institute (API), ó el separador de placas corrugadas (SPC).

Para determinar la susceptibilidad de separación del aceite del agua residual se desarrolla una prueba o test - para indicar de una manera aproximada el grado de separación de aceite y agua que puede ser obtenido por separación de diferenciales en gravedad. Esta prueba no debería tomarse como un estándar de eficiencia del separador, porque las condiciones específicas y períodos de separación afectarán la mejor separación que pueda ser contenida por una instalación comercial de tamaño práctico.

Los separadores tipo-gravedad no previenen el paso de todo el aceite emulsificado.- Las emulsiones deben ser rotas antes que ellas sean descargadas al sistema de drenaje si el

aceite va a ser retenido en un separador.

Un separador (API) debería ser diseñado dentro de los siguientes límites, de acuerdo a la American Petroleum Institute:

Velocidad Horizontal, V_H , máxima = 0.914 m /min o 15 ft
la que sea más pequeña

Profundidad, d = 0.914 m mínimo a 2.4 m máximo

Relación, profundidad-Anchura, d/B = 0.3 mínimo a 0.5
máximo.

Bajo condiciones normales, la instalación más económica será aquella con el mínimo número de canales obtenido por la selección de la máxima área de sección transversal para canales individuales. Esto será obtenido por diseño con máximo V_H , máximo d y máximo d/B , la que sea limitante.

SEPARADOR DE PLACAS CORRUGADAS

DISEÑO Y OPERACION.- Un interceptor de plácas corrugadas (IPC), consiste de una carcaza o armazón soporte rectangular reforzado con plástico, abierto en ambos extremos para permitir que la corriente principal fluya a través de la unidad. Dentro de la carcaza está un paquete de plácas, el cual está adherido al armazón soporte. Dependiendo de la capacidad deseada un paquete de plácas

consiste de 44 ó 47 hojas corrugadas de plástico montadas paralelamente una sobre otra, con aproximadamente un espaciamiento de $3/4$ ó $1-1/2$ pulg. en el armazón.

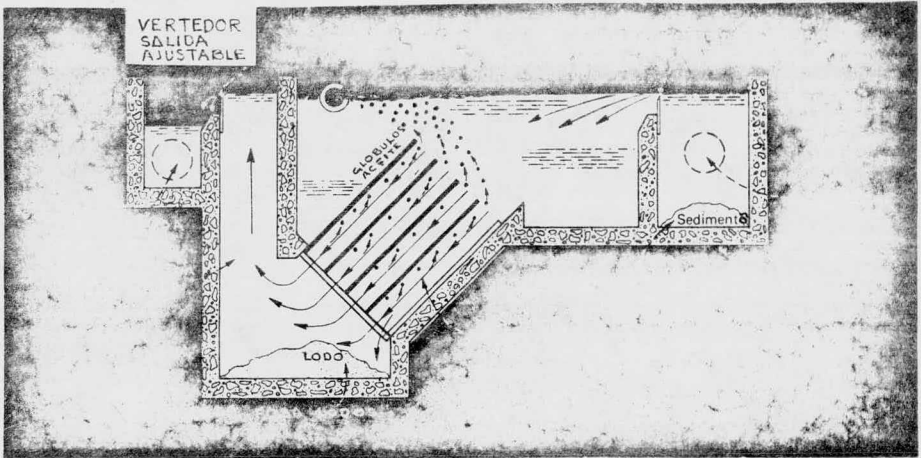
Ambos extremos de las plácas corrugadas están conectadas a un sistema para extraer los sólidos y líquidos colectados. La unidad entera es instalada en la fosa del separador en forma inclinada, a un ángulo de 45° , con las plácas en una dirección transversal, y paralelamente a la horizontal del fondo en dirección longitudinal.

Para obtener una distribución igual del líquido una pláca de bafles canaliza la corriente principal hasta los canales corrugados.

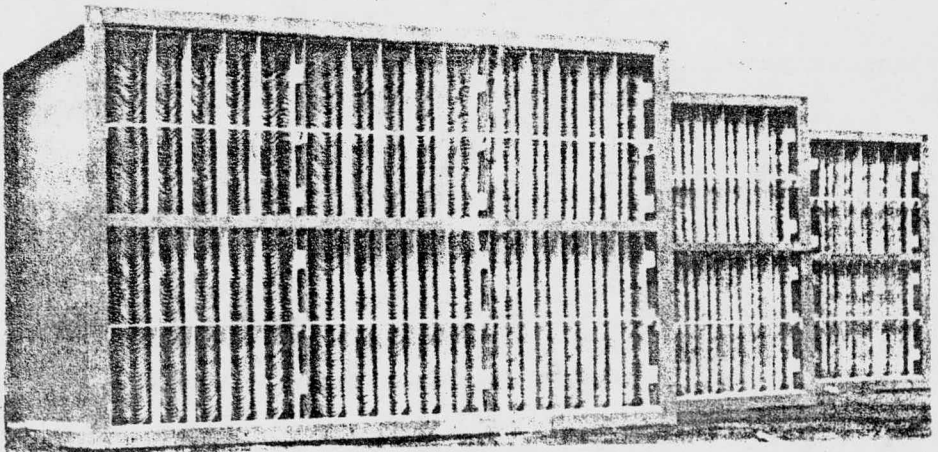
Partiendo de que las plácas son instaladas en un ángulo inclinado, la corriente separada pasa a través del interceptor, los materiales pesados se acumulan y caen sobre los valles de las corrugaciones al fondo del interceptor de donde entran al sistema de canalones. Estos guían el material al fondo de la fosa colectora lejos de la corriente principal. Como las plácas están espaciadas muy cercanamente se consigue un flujo laminar, y los sólidos viajan solamente una distancia corta en contacto con las corrugaciones, las condiciones son ideales para una separación por gravedad rápidamente. El aceite, u -

otros materiales con una gravedad específica menor que la corriente acarreada, se elevan al pico de las corrugaciones pasando la corriente a través del interceptor. Así este material más ligero viaja en los picos de las corrugaciones hasta entrar al sistema de canalones al tope del interceptor. Aquí el material es dirigido al tope de la fosa nuevamente lejos de la corriente principal previendo peligro de reentrapamiento. Es entonces fácilmente dispuesto como un sobreflujo hacia el acumulador de la fosa, o algún otro dispositivo. EL SEPARADOR DE PLACAS CORRUGADAS es un eficiente separador por gravedad, el cual trabajará donde quiera que la ley de STOKES se aplique. No tiene partes móviles, no raspadores, tampoco agitadores, y no necesita fuerza para su operación. El flujo laminar en el área de separación efectiva es lograda muy rápidamente a causa de la corta distancia entre las placas del interceptor de placas corrugadas. Por añadidura el aceite es automáticamente denatado y es extremadamente seco.

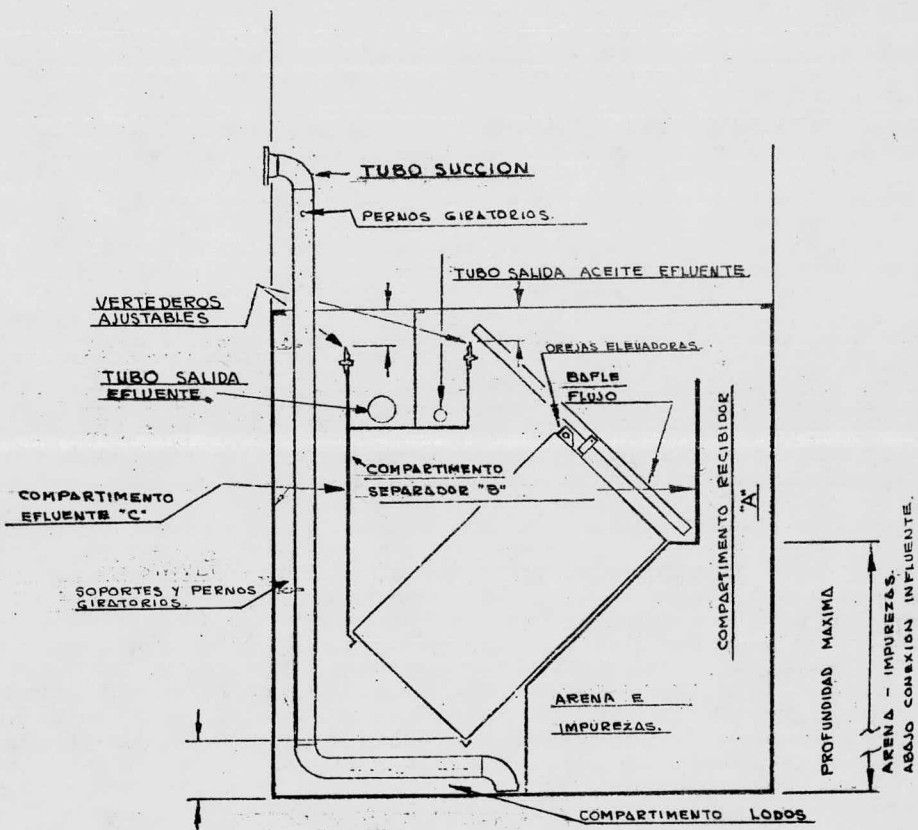
El corazón del separador de placas corrugadas es el paquete de placas (interceptor de placas corrugadas). El paquete de placas estándar consiste de 47 placas corrugadas estibadas en paralelo a intervalos de 1.9 cm. Las dimensiones globales de este paquete de placas son: 96.52 cm. de alto, 106.68 cm. de ancho y 175.26 cm. de largo. Este paquete tiene una área horizontal proyectada de aproximadamente 51.40 m^2 . Estas placas corrugadas son encerradas en una carcasa de fibra de vidrio. Ambas, -



SEPARADOR DE PLACAS
CORRUGADAS



PAQUETES DE PLACAS
CORRUGADAS.



carcaza y plácas corrugadas, - son hechas de fibra de vidrio reforzada con resina polyéster para prevenir la corrosión. El paquete es instalado en el tanque de modo que las placas estén en un ángulo de 45° a la horizontal, en la dirección - de flujo del desecho.

Antes de que el agua conteniendo los glóbulos de aceite entren al paquete, su velocidad ha sido previamente disminuída en el canal de entrada donde los sólidos gruesos del aceite fueron extraídos. El flujo a través de la cara del paquete de plácas (IPC) es más tarde disminuído y también distribuído - por el baffle de distribución de flujo. Como la corriente de desecho pasa a través del paquete, su velocidad de flujo es mantenida de modo que las condiciones de flujo laminar son - aseguradas. Por lo tanto bajo condiciones ideales el aceite se eleva por gravedad al lado de abajo de la siguiente pláca colocada arriba, entonces por gravedad el aceite emigra al pico de las corrugaciones y entonces viaja hacia la entrada del paquete de placas en contra corriente al flujo de agua. Los lodos sedimentan en el tope de la siguiente placa colocada abajo y se colecta en el valle de las corrugaciones resbaldando hacia abajo por gravedad hacia la salida en el fondo de la unidad en la dirección del flujo del desecho.

Los picos de las corrugaciones en la entrada están conectados

por canalones verticales o elevadores, los cuales guían el aceite colectado fuera del área de flujo del desecho.

El mismo sistema de canalones verticales es provisto sobre los valles de salida del paquete de plácas para la disposición de los lodos. El uso de estos canalones prevee el reentrampamiento de aceite o lodo hacia las otras plácas donde tendrían que ser separadas nuevamente. El diseño general del separador de plácas corrugadas es mostrado en el esquema adjunto. Cuando el desecho entra al separador de plácas corrugadas por la vía recibidora del compartimiento A, su velocidad es disminuída a menos de un pié por segundo. Esto permite que los sólidos gruesos sedimenten en el área de almacenaje de arena así como permitir a los glóbulos de aceite grandes resorteear a la superficie. El influente entonces entra al compartimiento B del separador. Después pasan a través de un baffle distribuidor de flujo con ranuras verticales, el desecho fluye a través del IPC en el cual los finos glóbulos de aceite y lodos son separados del desecho. El des-aceitado - desecho fluye hacia el compartimiento C y sobre el vertedero de salida.

El compartimiento separador es provisto con un tubo desnatador de aceite o vertedero. La altura es ajustada para balancear las cargas hidráulicas de modo que solamente el aceite pueda ser desnatado de la superficie y no el agua. Una capa

de aceite es mantenida en el interceptor, y el aceite es automáticamente descargado hacia del desnatador por medios de diferenciales en gravedades específicas del aceite y agua.

CAPACIDAD. Es inexacto hablar acerca de la capacidad de un IPC en términos de un valor fijo. El IPC es un separador tipo gravedad. Su eficiencia está determinada por la velocidad de ascensión o sedimentación de las pequeñas partículas que serán interceptadas. La ascensión o sedimentación es afectada por la velocidad de flujo del líquido, la altura de ascensión, y las condiciones de flujo. Las plácas corrugadas en el paquete de plácas reducen la altura de ascensión, y establecen las condiciones de flujo laminar.

La velocidad de flujo depende del gasto. La distancia estándar entre plácas es de 1.9 m.

Por lo tanto a la capacidad frecuentemente cotizada de 8.201/seg. se establece una velocidad de flujo de 0.55 m/min., la cual asegura la intercepción de todas las partículas con una velocidad de ascensión de 1.07 cm/min. (0.64 m/h). El tamaño de estas partículas depende de la diferencia en gravedad específica entre el agua y el aceite y la temperatura. Por lo tanto cuando la temperatura del agua es 68°F y la diferencia en gravedad específica entre el aceite y el agua es 0.1, entonces todas las partículas de aceite de 55 micrones y mayores serán completamente recuperadas.

Se dice que el contenido de ppm del efluente depende del número de partículas en la alimentación que tengan una velocidad de ascensión menor de 1.07 cm/min., entrando con el influente.

Por lo tanto para incrementar la eficiencia de separación del IPC en la intercepción de partículas con una velocidad de ascensión de menos de 1.07 cm/min., puede ser lograda reduciendo la velocidad de flujo, esto es reduciendo el gasto por paquete. El tamaño de gotas que puede ser extraído del agua aceitosa depende de las fuentes de desecho y la concentración final deseada. En desechos de refinería generalmente será menor de 20 ppm, cuando todas las gotas de aceite mayores de 60 micrones sean interceptadas.

Así tenemos que el IPC con 1.9 cm. de espaciamiento extraerá todas las partículas con una velocidad de ascensión o sedimentación tan baja como es la de 0.2 mm por seg., mientras maneje 8.20 l/seg. de desecho industrial por paquete. El IPC con 2.54-3.81 cm. de espaciamiento tiene aproximadamente la mitad de capacidad. Bajo condiciones de tormenta un flujo de 16.72 l/seg. por paquete de placas es aceptable con cualquier espaciamiento. La concentración de aceite y el tamaño de gota de aceite varían bajo condiciones de tormenta. La concentración de aceite es alta y la gota tiene un tamaño mayor. Concentración típicas de aceite son de 2000 a 3000 PPM con una gota de 60 micrones y mayores.

La carga teórica para un paquete estándar es de 44.16 l/seg. y el flujo aún es laminar.

Sin embargo a esta carga las partículas de lodo aceitoso tienen a ser lavadas de las placas lo cual estropearía la calidad del efluente. El diseño bajo condiciones de tormenta está limitado a 18.91/seg. El método preferido para manejar flujos extras es instalar una caja registro y un by-pass al sobre - flujo alrededor de SPC.

Los métodos de tratamiento con que se cuenta en la literatura y que son usados para tales propósitos, se dividen en tres grupos: Tratamiento primario, secundario y terciario ó adicional.

El tratamiento primario consiste en métodos físicos - de separación de materia en suspensión, por medio de mallas de retención, cribas, separadores de gravedad (sedimentación, flotación y recuperación de lodos) y filtración. Con estos medios la materia soluble no se puede separar.

El tratamiento secundario consiste en métodos de oxidación bioquímica y química de la materia orgánica y de algunos componentes disueltos en el efluente provenientes de la separación primaria, por medio de filtros biológicos, lodos acti

vados y lagunas de oxidación y estabilización.

El tratamiento terciario o adicional consiste en la preparación del agua, para un re-uso inmediato, por medio de intercambios iónicos, evaporación, intensa oxidación del agua o cualquier otro método químico ó físico químico de tratamiento.

TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Los procesos de tratamiento secundario incluyen métodos puramente químicos, tales como neutralización, suavización y procesos biológicos como filtros biológicos (percoladores o escurrimiento), lodos activados y lagunas de oxidación y estabilización, donde se lleva a cabo la oxidación bioquímica de los componentes disueltos en los efluentes del tratamiento primario.

En la purificación biológica de los desechos acuosos se requiere la presencia de suficiente aire, y ciertos microorganismos capaces de biodegradar la materia orgánica suspendida hasta bióxido de carbono y agua.

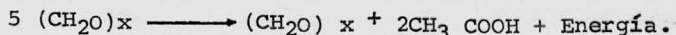
TEORIA DE LA BIODEGRADACION EN AGUAS DE DESECHO.

La eliminación de los materiales orgánicos de las aguas de desecho es el resultado de dos procesos que operan en los sistemas de tratamiento secundario. El primer proceso, es el de asentamiento de los sólidos sedimentables y de algunas - partículas coloidales. El segundo proceso incluye una combinación de transformaciones bioquímicas que causan la oxidación y destrucción de los materiales orgánicos de desecho que se tratan. Las cuatro reacciones biológicas principales, que tienen lugar en una laguna, fueron reportadas por (Oswald, - 1968 y Gloyna 1969) como sigue:

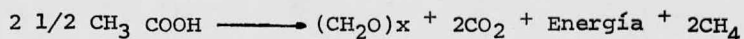
- a) La oxidación aeróbica de los componentes orgánicos en lodos que contienen bacterias para dar lugar a CO_2 y H_2O .



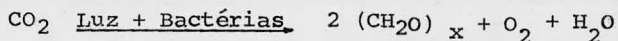
- b) La formación de ácido orgánico por la conversión anaeróbica de carbohidratos, da lugar a carbohidratos de menor peso molecular y a más bacterias.



- c) La fermentación de los ácidos orgánicos dá lugar a metano, CO_2 , carbohidrato y más bacterias.

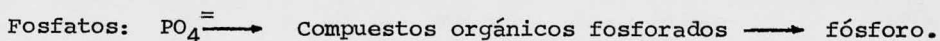
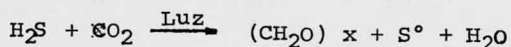
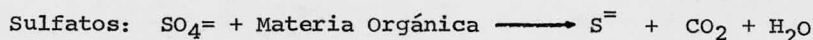


d) La conversión fotosintética del bióxido de carbono dá lugar a compuestos orgánicos, oxígeno libre y agua.



Estas cuatro transformaciones bioquímicas representan las reacciones fundamentales que tienen lugar en la mayoría de los procesos de tratamiento biológico que se han empleado en la estabilización de aguas de desecho contaminadas con materia orgánica. El entendimiento de los factores ambientales y el desarrollo de estas reacciones bioquímicas, dentro de los sistemas de tratamiento secundario, ayudarán al diseño y construcción de los mismos.

Además de las transformaciones químicas anteriores, se llevan a cabo las siguientes reacciones de descomposición de los sulfatos, nitratos y fosfatos.



Proceso Aeróbico (fotosíntesis y producción de oxígeno):

Los procesos aeróbicos se llevan a cabo esencialmente con la presencia de oxígeno atmosférico (libre, disuelto en agua):

Hay dos fuentes de oxígeno en los procesos aeróbicos:

- a) Reaereación de las aguas por aire atmosférico.
- b) Fotosíntesis.

La reaereación de las aguas por aire atmosférico tiene poco influencia en el diseño de las lagunas cuando éstas se cargan con materia orgánica a una velocidad moderada, y cuando exista una deficiente difusión de oxígeno hacia la laguna, debido a las bajas velocidades del viento. Con el déficit de oxigeno disuelto en la laguna, por la mínima aereación a que está sujeta se empiezan a formar zonas anaeróbicas que producen olores desagradables.

Por lo anterior, el proceso de fotosíntesis desarrollado por las algas para producir oxígeno es la fuente principal en las lagunas aeróbicas. Para que el proceso fotosintético se lleve a cabo es necesario que exista:

Abundante luz solar

Adecuado pH y temperatura

Amplio suministro de nutrientes

(oswald, 1960), (Copeland y Dorris, 1962) y (Hermann y Gloyna, 1958), reportan que la eficiencia de conversión de luz por algas, varía del 1 al 4%.

El crecimiento de los cultivos de algas, aumenta dentro de ciertos límites, con la temperatura y la concentración de CO_2 y disminuye con la intensidad de la luz y el tiempo de retención.

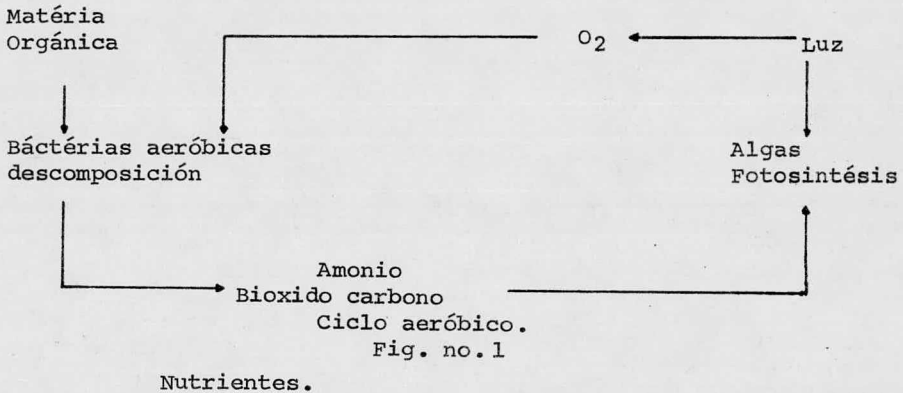
(Hermann y Gloyna, 1958) observaron que la producción de oxígeno en las lagunas de estabilización que operan con un ciclo aeróbico-anaeróbico, está influenciado grandemente por las variaciones de población de algas. Las sombras que se producen en los cultivos gruesos por las mismas algas, ejercen una influencia mayor en la producción de oxígeno, que las variaciones de intensidad real de la luz durante el día.

Para que se desarrolle la mayor producción de oxígeno por medio de la fotosíntesis de las algas, se requiere una intensidad de la luz de 37 a 55 bujías/ M^2 /seg. y la inhibición de la fotosíntesis, se presenta con 90 a 360 bujías/ m^2 /seg. (Bartsch, 1961).

En el proceso de producción de oxígeno, se fijan aproximadamente, 3.7 calorías por cada mg. de oxígeno liberado y por

cada mg. de algas sintetizada, se producen 1.7 mg. de oxígeno.

En la Fig. No.1 se muestra el Diagrama Esquemático del Proceso Aeróbico., (Oswald, 1960).



La mayoría de las especies de algas usan sólo CO_2 en la fotosíntesis, pero aún con una concentración de 0.03% de CO_2 , - que es usualmente lo que hay en el aire, se puede mantener una alta velocidad de fotosíntesis (Bloyna, 1969). La mayor parte de la oxidación de materia orgánica se lleva a cabo por bacterias (Fitzgerald y Rohlich, 1958), y el oxígeno necesario para la oxidación bacteriana es suministrado por las algas.

Se considera que todo el CO_2 desprendido por la oxidación aeróbica de la materia orgánica, es resintetizado por las algas durante la fotosíntesis (Force y McCarty, 1968). Por cada seis moles de CO_2 producidos, se generan aproximadamente seis moles

de oxígeno y se sintetiza una mol de azúcar, por lo que el carbón entra al ciclo de nutrientes que hace posible un comensalismo (simbiosis) altamente eficiente entre bacterias y algas (Kuentzel, 1969). De todas maneras, la única reducción de carbón en el sistema resulta del escape de gases a la atmósfera, producidos por la descomposición anaeróbica.

LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Las lagunas de estabilización incrementan la capacidad de autopurificación, de los desechos acuosos que contienen materia orgánica y algunos de los componentes disueltos en el efluente, debido a su gran área expuesta a la atmósfera, y a sus tiempos de retención. En estas lagunas se lleva a cabo un tratamiento biológico y la sedimentación de materia suspendida, su tamaño depende de la cantidad de agua de desecho y de la pureza del efluente, siendo estas instalaciones las que generalmente se recomiendan para el tratamiento del efluente de las refinerías.

Los efluentes descargados en una laguna o estanque, a los cuales no se les dió ningún tratamiento previo y sin considerar medios mecánicos de suministro de aire, están sujetos a varios procesos de descomposición por agentes biológicos - naturales, resultando de esta acción un alto grado de purifi

cación por la actividad de muchos y diferentes microorganismos, que especialmente incluyen bacterias, hongos y algas, a éste - proceso de descomposición de la materia orgánica se le llama - autopurificación.

La velocidad de la autopurificación de lagunas, depende de los niveles totales de actividad biológica que son mantenidos en el lugar a medida que proceda la purificación y, a su vez, sobre el número de organismos que están usualmente gobernados por la cantidad y concentración de nutrientes apropiados.

Las lagunas de estabilización pueden clasificarse, en función de los procesos que se llevan a cabo, de la siguiente manera:

Lagunas Anaeróbicas

Lagunas Aeróbicas

Lagunas Aneróbicas-Aeróbicas (Facultativas).

LAGUNAS DE ESTABILIZACION AEREADAS MECANICAMENTE (OXIDACION).

En las lagunas de estabilización facultativas las condi ciones aeróbicas que se requieren en las capas superficiales se obtienen por la actividad fotosintética de algas. Sin embargo, cuando se disminuye el oxígeno disuelto, como sucede en el caso

de una laguna sobrecargada, se excede la capacidad de reoxigenación fotosintética y se afecta el balance de oxígeno requerido, por lo que las condiciones de la laguna cambian al desalojarse las algas, produciéndose zonas anaeróbicas.

El aparente balance entre los requerimientos de oxígeno disuelto y la capacidad de reoxigenación fotosintética del agua de una laguna, puede ser afectado por otras razones distintas al aumento de carga en la laguna. Una caída en la temperatura o una rápida y grande reducción de la concentración de algas, ocasionada por un incremento extremadamente rápido de microorganismos, pueden ser la causa de la poca eficiencia de funcionamiento de la laguna.

La falta de uniformidad en la concentración de oxígeno en todas las capas del agua tiene como consecuencia la ineficiencia de las algas como productoras de oxígeno.

Para que una laguna sea menos dependiente de la actividad de reoxigenación fotosintética de las algas, se puede usar la aereación mecánica del contenido de la laguna. En Estados Unidos se ha demostrado (Olson, 1966) que con cargas de 440 Kg.DBO₅/ ha./ día se puede lograr una eficiencia promedio de cerca del 90% en la

reducción de DBO_5 , aún cuando las lagunas están cubiertas de hielo.

En algunos casos, los problemas de olor pueden ser la razón principal para la conversión a lagunas mecánicamente aereadas, sin embargo, los siguientes factores están también a favor de la laguna aereada sobre una laguna de estabilización facultativa:

- a) Mejor aprovechamiento del terreno con cargas mayores en términos de eficiencia real de eliminación de la DBO_5 .
- b) Mejoramiento de la calidad del efluente, durante los meses de invierno y primavera.
- c) Menor costo de mantenimiento.

Profundidad de la laguna.- En el caso de una laguna de estabilización facultativa normal sin aereación el área superficial expuesta a la radiación solar es el parámetro crítico y la capacidad de tratamiento, no se puede aumentar aún haciendo más profunda la laguna. Esto no se aplica a las lagunas mecánicamente aereadas, en cuyo caso se ha empleado profundidades de 3 m. con bastante éxito (Olson, 1966) ya que la profundidad adicional facilita la introducción de ciertos mecanismos de aereación que de otra forma no sería posible.

Las lagunas de oxidación están limitadas a profundidades de 1-3 pies y requieren una gran área de superficie para la efectiva utilización del proceso de fotosíntesis.

Una oxidación más efectiva puede ser lograda por aereación superficial de las lagunas con aereadores tipo turbina, permitiendo lagunas profundas, tiempos de residencia cortos y área de superficie menor. El uso de tales "Lagunas Aereadas" emplea aereadores mecánicos de superficie.

Una distinción debiera ser hecha entre las "Fosas aereadas", las cuales son una forma simple del sistema de lodos activados para la oxidación bioquímica de desechos.

La principal diferencia parece ser el grado de mezclado.

En la fosa de aereación, los aereadores de superficie son diseñados simplemente para transferir oxígeno hacia el desecho y esto puede ser hecho a un relativamente bajo gasto de energía; Sin embargo, el mezclado completo y el sistema de lodos activados requiere mucho más consumo de energía que para simplemente transferir oxígeno.

Los aereadores de superficie tipo turbina pueden transferir al desecho alrededor de 2-6 lb de O_2 por bhp y el mezclado completo con el mismo tipo de aereadores turbina requiere alrededor de 1 bhp por 3,000 ft³ de volumen de fosa.

Si su funcionamiento se compara con aquel de lagunas de oxidación por fotosíntesis, se ve que las lagunas aereadas remueven 690 y 260 lb/día de DBO_5 por aire. Esto es alrededor de 3-8 veces

Se ha comprobado que dicho bombeo es más eficiente cuando se produce por medios mecánicos que cuando se usa aire comprimido. Sin embargo, los equipos o sistemas de alta velocidad que -- producen turbulencia local intensa o buena entrada de aire, pueden ser equipos de aereación pobre en el sentido práctico, ya que fallan en producir eficientemente la función de mezclado.

LAGUNAS AEREADAS.

Las lagunas de oxidación están limitadas a profundidades de 1-3 pies y requieren una gran área de superficie para la efectiva utilización del proceso de fotosíntesis.

Una oxidación más efectiva puede ser lograda por aereación superficial de las lagunas con aereadores tipo turbina, permitiendo lagunas profundas, tiempos de residencia cortos y área de superficie menor. El uso de tales "Lagunas Aereadas" emplea aereadores mecánicos de superficie.

Una distinción deberá ser hecha entre las "fosas aereadas" y el "Mezclado completo a través de Tanques aereados a fosas", - las cuales son una forma simple del sistema de lodos activados - para la oxidación bioquímica de desechos.

La principal diferencia parece ser el grado de mezclado.

En la fosa de aereación, los aereadores de superficie son diseñados simplemente para transferir oxígeno hacia el desecho y

esto puede ser hecho a un relativamente bajo gasto de energía.- Sin embargo, el mezclado completo y el sistema de lodos activados requiere mucho más consumo de energía que para simplemente transferir oxígeno.

Los aereadores de superficie tipo turbina pueden transferir al desecho alrededor de 2-6 lb de O_2 por bhp- y el mezclado completo con el mismo tipo de aereadores turbina requiere alrededor de 1 bhp por 3,000 ft^3 de volúmen de fosa.

Si su funcionamiento se compara con aquel de Lagunas de oxidación por fotosíntesis, se ve que las lagunas aereadas remueven 690 y 260 lb/día de BOD_5 por aire. Esto es alrededor de 3-8 veces mejor de lo que sería esperado en una laguna de oxidación simple.

Si su funcionamiento se compara con los filtros de goteo o procesos de lodos activados para oxidación bioquímica, se ha visto que sus extracciones de demandas de oxígeno de 0.67-2.45 (lb/día) 1,000 $pies^3$, son mucho más bajas que las obtenidas por los lodos activados o filtros de goteo de 10-100 (lb/día) 1,000 $pies^3$.

Esto hace aparecer que la función de oxidación de estas lagunas está intermedia entre esa baja función de una laguna de

oxidación simple y esa alta función, del sistema sofisticado de lodos activados o filtros de goteo.

Otro tipo de lagunas, son las llamadas de estabilización que no tienen aereación de superficie. Su funcionamiento en extracción de 208 lb/día de D805 por acre es mucho mayor que lo que sería normalmente esperado de una oxidación solamente por fotosíntesis. Esto es difícil de explicar.

Una posible explicación puede ser que los aereadores, localizados anteriormente a ellas, proveen de algún exceso, o disuelto, de oxígeno, aunque no se indica esto como cierto.

Las lagunas aereadas de superficie pueden ser diseñadas para operación de 10 pies de profundidad de líquido, y pueden obtenerse extracciones de demandas de oxígeno de 200-600 (lb/día)aire. Existen insuficientes datos publicados de los cuales obtener un criterio general de diseño.

Las principales consideraciones del diseño de proceso que deben tomarse en cuenta son:

- 1.- Extracción de DBO_5 .
- 2.- Características del efluente.
- 3.- Requerimientos de oxígeno.
- 4.- Efectos de Temperatura.
- 5.- Requerimientos de energía para mezclado.

Actualmente se dispone de una gran variedad de equipos, - que pueden usarse efectivamente en la aereación de desperdicios. A continuación mostraremos los tres tipos de equipo más comunes, y más frecuentemente considerados.

- 1.- Aereadores de Superficie.
- 2.- Aereadores de Turbina Sumergida.
- 3.- Sistemas de Difusión de Aire.

El aereador de Superficie es el más reciente de estos equipos, y se está usando en la mayoría de los nuevos sistemas. La aereación por Turbina Sumergida, encuentra aplicación en muchas - Plantas donde se requiere de una gran potencia y de un tiempo de retención relativamente corto, en donde el valor del terreno es muy importante. Este sistema se puede usar también para incrementar la entrada de oxígeno, donde ya existen sistemas de difusión de aire, los cuales están en el límite de su capacidad. Los sistemas de difusión, fueron los primeros sistemas disponibles.

Actualmente existen muchas Plantas con este tipo de equipo, y muchas más lo siguen instalando, pero el uso de aereadores de superficie y de aereadores sumergidos va en aumento.

Los primeros diseños fueron del tipo de chimenea a tubo de tiro, y han sufrido varias modificaciones hasta el presente. El flujo, a través de la chimenea o tubo, se produce con un motor que mueve ya sea una propela, un cono, o cualquier otro sistema rotatorio. Básicamente estos áreadores son máquinas de bombeo, que elevan un líquido desde la parte inferior de un depósito y hacen que entre el aire, descargándolo en el líquido en forma tal que se produce tanto una pulverización como una turbulencia superficial. También se cuenta con unidades en las cuales el movimiento es de arriba hacia abajo, enviando el aire dentro de un tubo y dejándolo libre en el fondo del depósito, para que en su ascenso se tenga la difusión a través del líquido.

Cada uno de estos sistemas o mecanismos crea una región de intensa turbulencia, y una extensa área de contacto entre el aire y el líquido a través de la cual se satisface la deficiencia de oxígeno en el líquido.

Su eficiencia, como sistema práctico de aereación, depende de que esté debidamente proporcionada la energía entre la que se usa para producir un área de contacto para la cesión de oxígeno y la que se usa para generar la circulación.

Para poder hacer una apropiada comparación y valorización de los diferentes sistemas de oxigenación y del equipo para ello necesario, se requiere una expresión cuantitativa de las dos fun-

ciones que se efectúan a saber:

- a) Entrada de oxígeno
- b) Mezclado.

La entrada de oxígeno, se define en términos de peso de oxígeno por unidad de potencia; siendo expresada comunmente en lb ó Kg. de oxígeno por hora y por H.P.

Además, se ha referido propiamente a condiciones ordinarias seleccionadas arbitrariamente como son las de considerar agua a 20°C con cero de oxígeno disuelto.

La potencia requerida en un sistema de difusión de aire está asociada con la compresión del mismo.- La capacidad de oxigenación de dichos sistemas es de aproximadamente 2 a 3 lb/hora/H.P., bajo las condiciones ordinarias, y algo menor cuando el líquido que va a ser aereado se mantienen 1 a 2 mg/litro de oxígeno disuelto.

Algunos datos publicados para uno de los aereadores mecánicos del tipo de chimenea indican relaciones de entrada de oxígeno de 3 a 4 lbs/hora/H.P. bajo condiciones ordinarias.

En lo concerniente al mezclado, la designación más significativa es la cantidad de líquido bombeado o circulado a través de la zona de oxigenación del equipo.

T A B L A .

COMPARACION DE LOS EQUIPOS Y DE LAS
TECNICAS DE AEREACION

	AERADORES DE SUPERFICIE.	AERADORES DE TURBINA SUMERGIDA.	AERADORES COMBINADOS.	SISTEMAS DE DIFUSION DE AIRE
Eficiencia de la transferencia de oxígeno.	La mayor capacidad de los sistemas - discutidos.	Eficiencia intermedia, menor a la superficial, pero mayor que la difusión de aire.	Depende de la distribución entre el aereador de la superficie y la turbina sumergida.	En la parte más baja de las pruebas de dispositivos de burbuja fina tienen una mayor eficiencia que los de burbuja grande.
Suspensión de sólidos.	Un flujo elevado produce una buena suspensión de sólidos biológicos en concentraciones normales. Algunas veces requieren de un impulsor inferior, para operar en el fondo del depósito.	Capaz de manejar una concentración de sólidos muy alta en un tanque muy profundo 120 ft. o más de nivel de líquidos ya que la potencia total es aplicada cerca del fondo del depósito.	La separación puede ajustarse, para proporcionar un flujo adecuado, para una excelente suspensión de sólidos en el fondo del depósito.	Hay que tener cuidado con el diseño del depósito y la localización de los difusores para garantizar una buena suspensión, la cual no es buena para tanques profundos.
Flexibilidad de operación	Una cantidad limitada de flexibilidad mediante los cambios de velocidad o de los ajustes de profundidad permite cambios en la transferencia de oxígeno y permite cambios de carga en el sistema.	Un alto grado de flexibilidad en la transferencia de oxígeno, puede lograrse mediante los cambios de velocidad y la variación en la alimentación de gas.	La flexibilidad puede lograrse mediante los cambios de velocidad en el aereador y de la proporción de gas - alimentado.	Completa flexibilidad mediante la variación de gas alimentado.

mejor de lo que sería esperado en una laguna de oxidación simple.

Si su funcionamiento se compara con los filtros de goteo ó procesos de lodos activados para oxidación bioquímica, se ha visto que sus extracciones de demandas de oxígeno de 0.67-2.45(lb/día) 1,000 pies³, son mucho más bajas que las obtenidas por los lodos - activados ó filtros de goteo de 10-100 (lb/día)1,000 pies³.

Esto hace aparecer que la función de oxidación de estas lagunas está intermedia entre esa baja función de una laguna de oxidación simple y esa alta función, del sistema sofisticado de lodos activados ó filtros de acero.

Una posible explicación puede ser que los aereadores, localizados anteriormente a ellas, proveen de algún exceso, o disuelto de oxígeno, aunque no se indica esto como cierto.

Las lagunas aereadas de superficie pueden ser diseñadas para operación de 10 pies de profundidad de líquido, y pueden obtenerse extracciones de demandas de oxígeno de 200-600(lb/día) aire.

Existen insuficientes datos publicados de los cuales obtener un criterio general de diseño.

Las principales consideraciones del diseño de proceso que deben tomarse en cuenta son:

- 1.- extracción de DBO₅.
- 2.- Características del efluente.
- 3.- Requerimientos de oxígeno.
- 4.- Efectos de temperatura.
- 5.- Requerimientos de energía para mezclado.

<p>Limitaciones Principales</p>	<p>Necesita de una área suficiente que permita a los aereadores operar convenientemente. Los sistemas de gran capacidad en tanques profundos, pueden no contar con suficiente área de superficie.</p>	<p>La menor eficiencia de la transferencia de oxígeno ocasiona una gran instalación de potencia. La tubería sumergida no puede ser instalada en plataformas flotantes, para operar en lagunas poco profundas.</p>	<p>La aereación híbrida necesita generalmente aereadores combinados, lo cual requiere de una instalación de alta potencia y requiere de turbina sumergida.</p>	<p>Los difusores de burbuja fina son propensas a obstruirse, y todos los sistemas de difusión de aire requieren un diseño apropiado de depósitos estrechos, que generalmente incrementan los costos de construcción, y generalmente llevan una instalación de alta potencia.</p>
<p>Ventajas Principales</p>	<p>Una gran eficiencia en la transferencia no requiere de tubería sumergida. Puede ser montada en flotadores. No necesita equipos de reserva para instalación de unidades múltiples.</p>	<p>Adecuado para la suspensión de sólidos en el fondo del depósito. No requiere de una área ilimitada, y se puede utilizar para sistemas de alto porcentaje o para depósitos diseñados para usar el máximo de un terreno limitado.</p>	<p>Adecuado para la suspensión de sólidos en el fondo del depósito. Una gran flexibilidad en la transferencia de oxígeno mantiene parcialmente una transferencia de oxígeno en caso de falla de la compresora.</p>	<p>Flexibilidad en la transferencia de oxígeno, y en las cargas del sistema. Funcionamiento silencioso.</p>

CAPITULO IV

BASES DE DISEÑO

Las aguas residuales que se generan en la Refinería de Salina Cruz, Oax., según su procedencia, ya sea de: áreas de proceso, servicios auxiliares y patios de almacenamiento estarán propensas a contaminarse con aceite fenoles, sulfuros, mercaptanos, hidrocarburos, metales y con sustancias químicas que se emplearán para los tratamientos de agua y preparación de productos terminados.- Además de lo anterior algunas aguas contienen álcalis o ácidos que las hacen tener propiedades corrosivas. Como no se puede tener un patrón en cuanto a la calidad y cantidad de los productos que son arrastrados por las aguas residuales en las Refinerías con el fin también de conocer que volúmen de aguas residuales es generado, y sobre todo para saber a que corrientes se les debe efectuar un tratamiento para mejorar su calidad, es necesario establecer un criterio de segregación de corrientes de las aguas de desecho, y de tratamientos que permita llegar a la disposición final de las mismas en la forma más económica posible y con las facilidades de manejo requeridas para cada caso.

De acuerdo a índices de precipitación pluvial, áreas de localización y balances, se tiene el siguiente volúmen Estimado:

VOLUMEN ESTIMADO DE LA DESCARGA
DE AGUAS DE DESECHOS

Aguas Industriales	30,000 m ³ /día
Aguas de lluvia	68,400 m ³ /hora
Aguas negras	El agua sanitaria a fosas sépticas.

De una forma más detallada se tiene:

Procedencia	Flujo
Agua Salada	2867 m ³ /día
Agua Plantas	5000 m ³ /día
Agua Sedimento	500 m ³ /día
Agua Torres Enfriamiento	21633 m ³ /día
	<hr/>
	30000 m ³ metros cúbicos por día
Agua de lluvia	68400 metros cúbicos por hora
Aguas Negras	Cero (vá a fosas sépticas)

De acuerdo a análisis y condiciones de operación, el volumen y características estimadas para las aguas de desechos aceitosas son:

Volúmen estimado y Características Aguas desecho Aceitosas

Flujo	30000 m ³ /día
Contenido Aceite	3.5 a 4.5% en volúmen
Peso específico Aceite	0.8 a 0.9
Temperatura	25 a 40°C
pH	8.0 a 8.5

Las plantas tienen dos áreas perfectamente definidas desde el punto de vista de los drenajes que son:

- a).- Areas de proceso
- b).- Areas libres de contaminación de productos del -
Proceso.

Las áreas de proceso son aquéllas que pueden recibir purgas, derrames y fugas de hidrocarburos o productos químicos usados en el Proceso. En base a esto se considera que deben contar con los drenajes siguientes:

- a).- Drenaje aceitoso
- b).- Drenaje químico

El drenaje químico se instalará en caso de requerirlo el proceso como se apuntó anteriormente.

Las áreas de proceso estarán confinadas a su drenaje -aceitoso o químico, por medio de guarniciones que eviten derrames al exterior, así como el evitar la entrada de agua pluvial.

Las áreas libres de contaminación por productos de proceso, contarán con un solo drenaje que será pluvial.

Las aguas sanitarias de las Plantas contarán con su drenaje propio.

De los puntos precedentes se concluye que habrá cuatro tipos de drenajes en las plantas a saber:

- a).- DRENAJE ACEITOSO
- b).- DRENAJE PLUVIAL
- c).- DRENAJE SANITARIO
- d).- DRENAJE QUIMICO

Los tres primeros son indispensables y el último cuando lo requiera el proceso, es decir tres son los colectores principales de las aguas residuales y pluviales de la refinería, según el servicio para el que fueron colectadas y utilizadas y según el área de donde se recolectaron.

DRENAJE ACEITOSO.- AGUAS ACEITOSAS

Se consideran aguas aceitosas, aquéllas que provienen de las siguientes fuentes:

- Agua de purga de Desaladoras
- Agua de purga de tanques
- Agua de purga de Acumuladores
- Agua de Enfriamiento de Bombas
- Agua de Condensadores Barométricos
- Agua de Lavado de productos
- Derrame de Torres de enfriamiento
- Aguas pluviales susceptibles de contaminarse con hidrocarburos en áreas de plantas o tanques.
- Aguas corrosivas previamente neutralizadas dentro del área de la planta.

Las aguas colectadas por este sistema contienen aceite y materia sedimentable que debe eliminarse. Para tal efecto se recomiendan separadores de aceite tipo API modificado con "placas paralelas" o del tipo de "placas corrugadas". El agua de salida de los separadores deberá someterse a un tratamiento secundario, con el objeto de eliminar toda la materia orgánica.

Para los casos en que la precipitación pluvial máxima de una hora altere los gastos que maneja este drenaje, deberá - contarse con un Cárcamo Regulador de Demasías que capte las aguas de lluvia de una hora, colectadas en el área de proceso, por lo tanto, el Separador de Aceite deberá diseñarse y dimensionarse para recibir en un momento dado las aguas aceitosas normales de proceso, más el volúmen que resulte de vaciar el mencionado cárcamo en un tiempo de 23 horas.

El tratamiento Secundario consistirá de una Oxidación - Bioquímica en Laguna o Filtros Biológicos.- En algunos casos podrá instalarse un Sistema de Flotación de Aire, antes del tratamiento bioquímico.

Si el contenido de sólidos disueltos, del agua de desaladoras afecta la calidad del agua de salida del tratamiento secundario con fines de recuperación, es aconsejable segregarlas -

dándoles disposición especial por separado.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DEL DRENAJE ACEITOSO.

Las aguas de desecho que se conducirán por el drenaje aceitoso de la refinería, para mejorar su calidad, antes de ser descargadas al cuerpo receptor, se pasarán por sistemas de tratamiento primario y secundario.- Con el propósito de que eficiencia del sistema de tratamiento primario, en temporadas de lluvias no sufra variaciones debido a los grandes volúmenes de agua que, se manejan, en un momento dada se contruirá un cárcamo regulador de demasías.

Las instalaciones que se requieran construir en la Refinería para llevar a cabo los tratamientos antes mencionados son:

Sistema de Tratamiento Primario

- a).- Mallas de Retención
- b).- Cárcamo regulador de Demasías
- c).- Separador de Aceite.
- d).- Fosas de Igualación.

Sistema de Tratamiento Secundario

- a).- Máquinas de Flotación
- b).- Laguna de Oxidación
- c).- Laguna de Estabilización.

A continuación se hace la descripción y condiciones de operación para cada una de ellas.

Sistema de Tratamiento Primario:

Mallas de Retención de Aceite.- Con el propósito de que los sólidos voluminosos arrastrados por las aguas, en el drenaje aceitoso no pasen hacia el separador de aceite, se deberán instalar mallas de retención antes de la entrada del mencionado separador.

El diseño y arreglo de estas mallas de retención deberá ser de tal forma que en todo momento se cuente con una de ellas en operación. El funcionamiento y accionamiento deberá ser del tipo semi-automático.

Cárcamo Regulador de Demasías.- Con el fin de que el separador de aceite por gravedad no sufra alteraciones en su eficiencia, debido a los grandes volúmenes de agua que en un momento dado le puede llegar en condiciones de máxima precipitación pluvial, o de protección a plantas en condición de fuego por el empleo de agua contra incendio, se requiere instalar un cárcamo regulador de demasías, que tenga como finalidad contener las aguas pluviales aceitosas o las utilizadas para contra-incendio y de esa forma poder controlar el flujo normal máximo hacia el separador cuando se presenten las condiciones antes mencionadas.

De acuerdo a la disposición del terreno donde se proyectan

las instalaciones de la refinería, así como el sitio donde se desarrollará el tratamiento, hay necesidad de interconectar los colectores secundarios y llevar su gasto de drenaje por un solo tubo colector principal hasta el cárcamo regulador.

La capacidad del cárcamo de demasías será de 1.5 veces el volúmen que resulte mayor de cualquiera de las siguientes condiciones:

- a).- Del volúmen de agua colectada en las áreas de proceso que alimentan a los separadores de aceite, durante una hora de precipitación pluvial máxima, según los datos estadísticos de meteorológico de la zona de 10 años a la fecha en que se diseña el cárcamo.
- b).- Del volúmen de agua colectado en las áreas de proceso que alimentan a los separadores de aceite durante 24 horas del día más lluvioso, según datos meteorológico de la zona ó zonas de 10 años a la fecha en que se diseñe el cárcamo.
- c).- Del volúmen de agua colectado de agua contraíncendio en la planta que requiera mayor cantidad de agua para su protección.

Para el dimensionamiento del cárcamo no se tomarán las - - áreas de los redondeles del área de tanques ya que estos actúan como pequeños cárca mos que se dosificarán después de la precipitación

pluvial.

El sistema de trasiego del cárcamo regulador de demasías a los separadores de aceite, deberá ser capaz de vaciarlo en 23 - horas.

La localización de este cárcamo se deberá efectuar de acuerdo a un estudio hidráulico de tal manera que se aprovechen al máximo las pendientes y desniveles que se tienen en los terrenos de la Refinería.

Este cárcamo debido a las condiciones del terreno se proyectará en área grande de poca profundidad, ya que los niveles de aguas freáticas está en esa zona a 1.74 m. El cárcamo deberá estar impermeabilizado y deberá operar normalmente vacío, definitivamente su fondo estará bajo el nivel de aguas freáticas. Estará provisto de una salida al drenaje pluvial con objeto de evitar que en una emergencia se vuelva catastrófica y llegase a inundar la Refinería.

En la alternativa a) mencionada, se deberá considerar el valor de 80 mm. para el caso de máxima precipitación pluvial.

En la alternativa c) se deberá tomar el valor de 5000 - GPM, que equivalen al máximo gasto de agua para proteger en un momento dado la emergencia mayor a causa de fuego durante un tiempo de 60 minutos y además, se deberá considerar una sola área de emergencia.

Las aguas que llegan al cárcamo, control de flujo normal a los separadores en caso de lluvias a nivel de tormenta o casos de incendio, son totalmente contaminadas, por lo que se hace necesario una total impermeabilización del suelo para evitar filtraciones.

El piso se puede construir de concreto de un espesor de 0.10 mt. aproximadamente y armado con acero por temperatura, F'C= 100 Kg/cm² y juntas selladas con bandas de P.V.C.

Los trabajos de limpieza que requerirá el cárcamo serán de una frecuencia de seis meses aproximadamente.

Separador de Aceite.- El separador de aceite debe ser del tipo de placas corrugadas y para su dimensionamiento y diseño se tomarán en cuenta los siguientes datos y características del agua aceitosa antes de la entrada al separador:

Flujo	30,000 m ³ /día
Contenido de aceite	3.5 a 4.5% en volumen
Peso específico del aceite	0.8 a 0.9
Temperatura	25 a 40°C
pH	8.0 a 8.5

Se debe considerar el arreglo óptimo de paquetes corrugados que se instalarán por celda, de acuerdo al volumen de aguas

aceitosas.

Datos Técnicos Generales.- Tomando en consideración la precipitación pluvial, tanto la máxima diaria de Salina Cruz, Oax., que es de 150 mm., como la máxima horaria de 80 mm. y considerando la 2a. etapa de trabajo, donde laborando con 170,000 B/D la planta primaria, se determinó que se deben drenar como máximo 250,000 m².

Este gasto que se debe tratar durante un día correspondiente en GPM a 5504 es mayor que el especificado para contra incendio de 5,000 GPM y también es mayor del generado por el agua normal de proceso que va al drenaje aceitoso por tal motivo los 44 paquetes bastarían.

Fosas de Igualación.- Con el objeto de retener el aceite que logre pasarse al separador, ya sea por accidentes o fallas del equipo mecánico, se recomienda la instalación de dos fosas de retención una relevo de la otra.

El diseño y dimensionamiento se llevará a cabo de acuerdo a los siguientes datos:

Tiempo de residencia	6 horas
Volúmen para cada fosa	7500 m ³
Dimensiones generales de las fosas:	
Profundidad útil	3 m.
Largo	50 m.

En vista de que estas son áreas localizadas posteriormente a los separadores de placas corrugadas, en donde el agua estará prácticamente libre de hidrocarburos, pero en base a su diseño que las define como zona de separación, se debe estimar que su piso se impermeable ya que es probable una contaminación de bajo orden. Se puede resolver también con una losa de concreto, como en el cárcamo, pero de un espesor más pequeño, del orden de 0.05 m. de F'C = 100 Kg/cm². Se calcula una frecuencia de limpieza de 5 años.

La recuperación del aceite de estas fosas se efectuará con boquillas de tubería fija vertical conectadas a un cabezal de recolección, el cual descargará a un cárcamo de bombeo de aceite en el que se instalarán rejillas para retener sólidos voluminosos provenientes de las fosas de recuperación. El vertedor que dará salida al agua por su parte inferior, con respecto al nivel del agua (del espejo), deberá ser del tipo de orificio ahogado provisto de compuertas para regular el nivel de las fosas y de esa forma poder recuperar el aceite - por las boquillas antes mencionadas.

Los bordos y pisos pueden ser de tierra compactada, y los recubrimientos como se mencionó antes, para evitar filtraciones al subsuelo y los taludes exteriores se pueden recubrir con pasto para evitar la erosión.

La alimentación será por gravedad desde el separador.

El vaciado total de las fosas de retención se deberá de hacer de acuerdo al estudio hidráulico y con una descarga al emisor de la Refinería por el cual se enviarán las aguas al mar.

Lo anterior es con el propósito de facilitar las operaciones de mantenimiento y limpieza de las mencionadas fosas. El vaciado de las fosas deberá diseñarse para efectuarse en un tiempo máximo de 8 días y el tubo de vaciado total, deberá tener facilidades para evitar su azolvamiento.

Las Bases de Diseño para el Tratamiento Secundario de Tipo Biológico para la Refinería de Salina Cruz, Oax., que se describen en el presente trabajo, se basan en trabajos previos puestos a consideración y aprobados por la Gerencia de Refinación.

Los trabajos previos a que se hace referencia consistieron en las evaluaciones preliminares de tratamientos de tipo biológico a base a lagunas de oxidación mecánicamente aereadas con su correspondiente laguna de estabilización y a base de lodos activados. El resultado de estos estudios demostró que para la Refinería de Salina Cruz, el tratamiento a base de lagunas era el más económico en términos de inversión inicial y costos de operación, por lo que se

decidió construir este tipo de instalaciones.

En el presente trabajo se hace referencia a las características de las aguas estuarinas y costeras según el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas en vigor, - con la finalidad de fundamentar las características del efluente del tratamiento secundario que se establecen.

De acuerdo con la experiencia obtenida en los tratamientos similares de la Refinerías de Salamanca y Tula, se proponen las dos - lagunas con un diseño mejorado que incluye al gunas facilidades para operación, mantenimiento y muestreo de las unidades y la forma en que el tratamiento secundario ha de integrarse con el primario. Se propone también una forma de manejo del agua de los recipientes, que no propicie contaminación del drenaje de aguas no aceitosas y, finalmente se discute la forma en que deberá de manejarse el efluente del tratamiento secundario, en una primera etapa, descargando por el Canal Pluvial "Zanjón" de aguas pluviales al estero y de ahí a la Bahía Ventosa y en una etapa final, mediante un emisor hasta el mar.

Flotación.

La flotación consiste en separar dos fases, una sólida y la otra líquida, transportando por medios naturales, hacia la superficie del líquido, los sólidos en suspensión en el líquido mismo con la ayuda de burbujas gaseosas.

Los fangos así producidos son eliminados por medio de un sistema rastrante de superficie.

El efluente no tratado contiene productos en emulsión. Compiendo esta emulsión por coagulación y floculación se obtiene así la formación de los flóculos.

El líquido floculado se alimenta por gravedad a la base del flotador, poniéndolo en presencia de las microburbujas. La producción de las microburbujas se obtiene presurizando una parte del caudal del agua tratada, en un tanque de presurización, durante un cierto tiempo de contacto.

Mecanismo de la Flotación.

La flotación con agua presurizada pone tres fases en contacto (líquida-sólida y gaseosa), en proporción variable, manteniendo en un cierto tiempo un equilibrio dinámico.

La flotación con gas presurizado se define a partir de cuatro puntos básicos:

- a) Disolución del gas en el líquido siguiendo la Ley de Henry,- Se puede disolver en el agua una cantidad de gas directamente proporcional a la presión del gas en función de su temperatura.
- b) Liberación del gas.- Cuando se bate la presión de la mezcla agua-aire disuelto, se libera una cantidad de aire en función de la di

ferencia de los valores de saturación correspondientes a la presión inicial y final.

Es necesario que la liberación del gas se haga bajo la forma de micro-burbuja.

- c) Contacto y Mezcla de los Sólidos con la Micro-burbuja.- Esta fase se efectúa en el vaso mezclador en la base del flotador.
- d) Espesamiento en la celda y recuperación de los fangos.

Realización.

El agua a tratar se bombea del tanque amortiguador, para ser enviada al floculador para la coagulación y floculación.

El efluente saliendo del floculador es enviado por gravedad después a un vertedero a la base del flotador, y de este modo se pone en contacto con las microburbujas en la cámara de mezclado.

De la salida de la cámara de mezclado, las partes sólidas se fijan a la burbuja de aire, acumulándose a la superficie del flotador.

El agua tratada vuelve a caer en el flotador, saliendo luego por un elemento sifoide.

El nivel hidráulico se establece mediante un vertedor regulable.

El agua tratada se acumula en la columna de equilibrio ó tanque amortiguador, para ser enviada a la salida a través de un de rrame.

Formación de Micro-burbujas.

De la base de la columna de equilibrio ó tanque amortiguador, el agua tratada es recogida por una bomba de recirculación, enviándose al tanque de presurización manteniendo a presión por aire comprimido.

El nivel del agua en el tanque de presurización se asegura con controlador proporcional de nivel, que comanda la alimentación al tanque.

El agua presurizada conteniendo aire disuelto es inyectada a la base del flotador en la cámara de mezclado.

Laguna de Oxidación.- Con el objeto de mejorar la salida de las aguas de desecho de la refinería mediante la biodegradación de la materia orgánica, se debe construir una laguna de Oxidación, la cual recibirá por gravedad las aguas procedentes de la fosa de retención.

La laguna de Oxidación deberá diseñarse y dimensionarse de acuerdo a los siguientes datos y características provenientes de la fosas de retención.

Volúmen	30 000 m ³ /día
Tiempo de retención	3 días
DBO ₅ en la entrada	150 ppm
DBO ₅ en la salida	40 ppm
pH	6.0 - 8.5
Temperatura	25 - 40°C

Con el objeto de obtener el límite fijado de 40 ppm en la descarga de la laguna de oxidación, se deberá considerar la instalación de aereadores mecánicos.

Estas áreas se consideran como áreas de mínima contaminación por lo que no se ve la necesidad de realizar erogaciones para impermeabilizar el fondo. Se prepara el fondo con nivelación, planchado y un riego de imprimación a base de asfalto caliente.

Deberá tener una tirante de agua de 2.00 a 2.50 metros.

Para su diseño se debe tomar en cuenta la capacidad y selección del equipo mecánico de aereación.

Para optimizar el funcionamiento de la laguna de oxidación se deben construir bordos para canalizar el flujo de agua a través de la misma. El diseño de los mencionados bordos estará en función del área de influencia del aereador a su máxima eficiencia, con el objeto de evitar que el oleaje que se produce los des

truya.

La alimentación a la laguna de oxidación se hará del efluente proveniente de las fosas de retención de aceite por medio de gravedad.

El agua en su recorrido inicial, a través de la laguna de oxidación se hará en cascada, aprovechándose para ello de una cresta vertedora de 50 cm. aproximadamente.

Los bordos y pisos se hacen de tierra compactada; en relación con la permeabilidad ya señalamos anteriormente. Los taludes exteriores se recubrirán con pasto para evitar la erosión.

Laguna de Estabilización.- Para mejorar la calidad del agua del efluente de la refinería y tener la posibilidad de reusar parte de ella para ciertas actividades de la misma, se recomienda la construcción de una laguna de estabilización que esté en condiciones de recibir por gravedad las aguas procedentes de la laguna de oxidación.

La laguna de estabilización deberá diseñarse y dimensionarse de acuerdo a los siguientes datos y características del agua proveniente de la laguna de oxidación:

Volúmen	30 000 m ³ /día
Tiempo de retención	3 días
DBO ₅ entrada	40 ppm
DBO ₅ salida	20 ppm
pH	6.0 - 8.5
Temperatura	25 - 35°C

Su diseño se debe hacer sin considerar aereadores mecánicos y para optimizar su funcionamiento también se deberán - construir bordos con el objeto de canalizar el flujo de agua hasta su descarga.

La alimentación a la laguna de Estabilización se hará con el efluente de la laguna de oxidación y también en su recorrido inicial se deben hacer en forma de cascada.

Igualmente, por tener características similares a las de la laguna de oxidación y de contener agua definitivamente - limpias, el suelo no debe tener impermeabilizantes, sólo tener compactación y planchado.

Al igual que la Laguna de Oxidación, su limpieza se considera practicamente improbable, excepto para la limpieza de vegetales.

Los vertederos de las dos lagunas serán del tipo de superficie y con los arreglos necesarios para efectuar la medición en la descarga de las lagunas.

El vaciado total de las lagunas, de cada una, se puede hacer por medio de compuertas, y estas corrientes irían a un registrador que posteriormente a esto, descarguen al emisor de aguas pluviales de la Refinería hacia el mar.

Los bordos y pisos se harán de tierra compactada; la impermeabilización ya fué marcada y los taludes exteriores se recubrirán con pasto para evitar la corrosión.

VALORES RECOMENDADOS DE FACTORES DE
TURBULENCIA PARA DISTINTAS RELACIONES DE $\frac{V_H}{v_t}$

$\frac{V_H}{v_t}$	FACTOR DE TURBULENCIA F_t
20	1.45
15	1.37
10	1.27
6	1.14
3	1.07

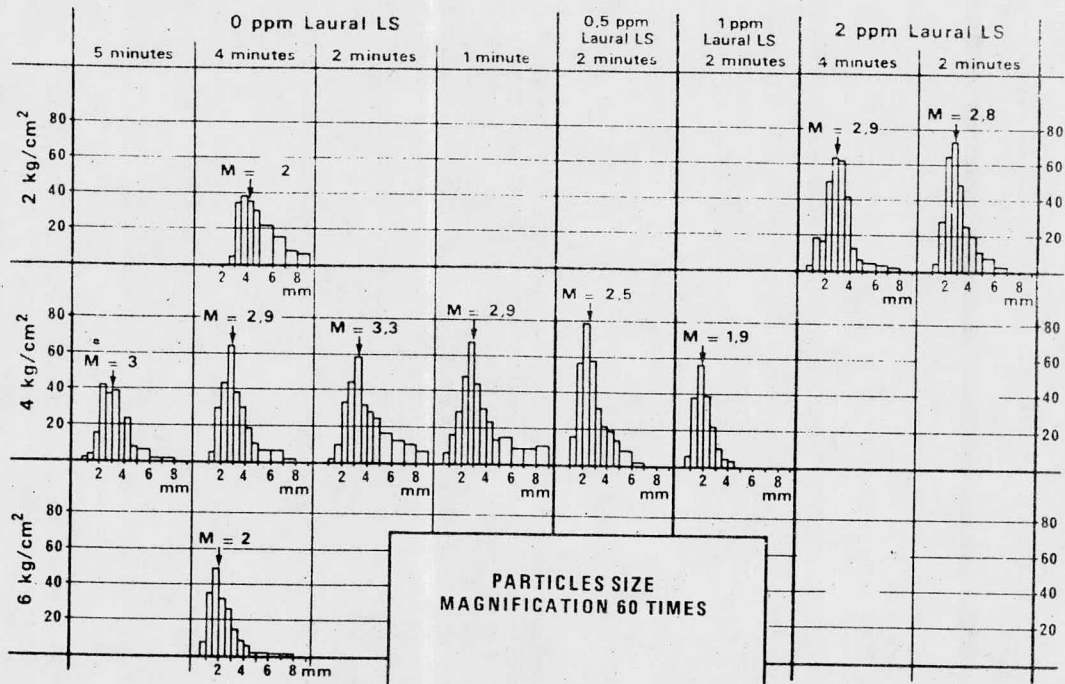


Fig. C

C A P I T U L O V.

CALCULOS

MALLAS DE RETENCION PARA BASURA.

De acuerdo a la disponibilidad económica de Pemex y a su política de automatización se acordó seleccionar un equipo de limpieza del tipo elevador de cangilones o canastillas, en vez del tipo polipasto, capaz de retener sólidos voluminosos con un mínimo de 0.952 cm. de espesor, con el fin de no perjudicar operación de los paquetes de placas corrugadas del separador e impulsores de bomba.

En base al proyecto civil proporcionado, tenemos un ancho del canal de 106.68 cm. de diámetro, con una pendiente de 0.0005, y una altura de 3.95 M. siendo esta medida, del desnivel de la corona (registro o caja) al fondo del canal. Apegándonos a estos datos y a las características del fluido y gasto a manejar que son:

$$Q \text{ máx.} = 416 \text{ lt/seg.}$$

$$Q \text{ Norm.} = 347 \text{ lt/seg.}$$

$$Q \text{ Mín.} = 289 \text{ lt/seg.}$$

Concentración de aceite = 3.5 a 4.5% en volumen.

Temperatura = 25 a 40°C

Densidad relativa al agua = 0.995

Densidad relativa aparente aceite = 0.85

Se procedió a requisitar el equipo mencionado en la siguiente forma:

El mecanismo de limpieza será a base de cangilones o canastillas con dimensiones de 1.067 M de largo (ancho del canal), con un ancho aproximado de 0.610 M, y una profundidad - hacia abajo - de 0.10 x 0.10 M; de esta forma tenemos acceso a cubrir todo el canal y seguridad de no filtración de cuerpos voluminosos - Las dimensiones de ancho y profundidad (medidas de la malla), fueron obtenidas en base a catálogos de fabricantes.

El cangilón puede tener la forma de un bastidor de perfiles laminados, con malla en el fondo, cuya abertura como se indicó antes es de 0.952 cm. Queda entendido que esta medida es la mínima a retener, pudiéndose atrapar estopas, tablas, papel o cualquier otro objeto de mayor volumen que interfiera el funcionamiento del equipo posterior a la malla. Esta se une al bastidor con tornillos, de modo que se pueda cambiar sin desmontar éste.

La ranura entre paños exteriores de los cangilones debe protegerse a fin de que en el movimiento ascendente (con carga) no pueda introducirse algún objeto pequeño, debiendo ser el espacio libre entre el paño exterior-lateral- del cangilón y la pared del canal menor a la abertura de la malla.

- El mecanismo de limpieza a base de cangilones está -
constituído principalmente, del siguiente equipo y accesorios:
- a).- Los cangilones, dispositivos principal - descrito anterior-
mente.
 - b).- Las cadenas, donde se fijan los cangilones a cada extremo
de una de ellas, y de forma tal que puedan desmontarse -
para su reparación; son 2 cadenas en total.
 - c).- Las flechas y catarinas, que conforman los accesorios de
ensamble entre la unidad motriz y las cadenas.
 - d).- El motor eléctrico que constituye la unidad de fuerza del
sistema.

La disposición del equipo se logra de la siguiente forma:
Al motor es adaptado un reductor de velocidad de engranes por
medio de un cople flexible para minimizar ésta, de 1800 RPM -
que es la velocidad del motor, a 3.60 M/mín. que es la velocidad
de ascensión de los cangilones. El reductor es del tipo helicoidal
en línea.

El motor y reductor se unen a la flecha superior de mando,
por un sistema adecuado, siendo la flecha de acero rolado en -
frío, recta y continuada entre los baleros; estos deben ser de
un tipo que evite asentamiento o depósito de lodos en cualquier
de sus partes, En la flecha superior se monta la rueda denta-
da motriz (catarina), donde a su vez se ensamblan con las cade-
nas ésta rueda y la catarina inferior colocada en el fondo de

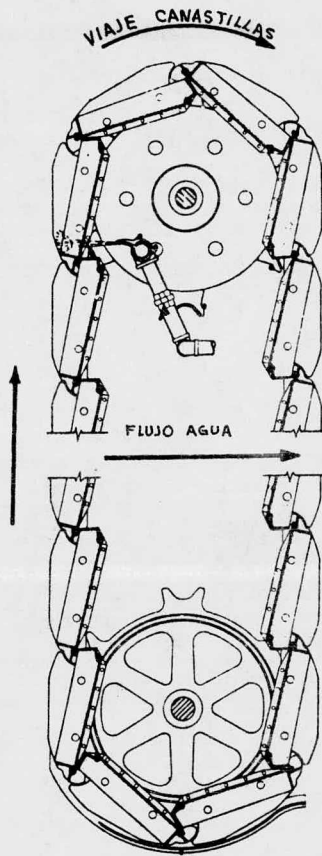
la fosa, estando la flecha interior apoyada en las paredes del canal y la superior en la estructura guía de las cadenas; los cangilones van adheridos a las cadenas como se mencionó antes. Así, de este modo, se configura el mecanismo elevador, mediante el accionamiento consecuente de accesorios y equipo.

Para el recibimiento de los desechos se debe contar con un receptáculo capaz de admitir los desperdicios entrampados por los cangilones, así mismo como de un aditamento que los desprenda. Para esto es posible hacer uso de los hidrantes, - que tienen una presión aproximada de 80 psig y limpiar con esta agua de servicio a cada uno de los cangilones; solamente conectamos una manguera flexible al hidrante, y a aquella una válvula de compuerta y tenemos el sistema.

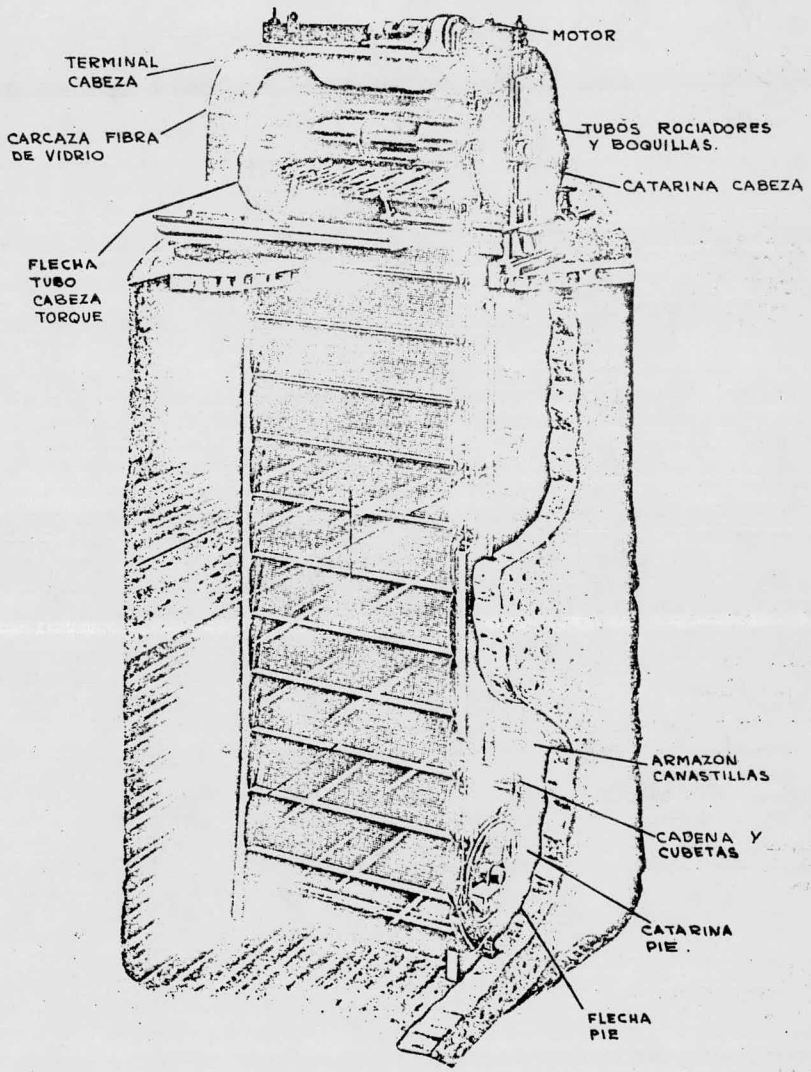
Es necesario proyectar el acceso a las mallas para llevar a cabo la inspección general del equipo, cuando así se encuentra en operación.

Los materiales a usar pueden ser:

Flechas:	Acero al carbón, rolado en frío
Catarinas:	Fierro fundido
Estructuras:	Acero al carbón
Cadenas:	Acero al carbón.



SISTEMA DE CANGILONES.



CARCAMO REGULADOR DE DEMASIAS.

El cárcamo regulador de demasías, se diseñará conforme a las bases de diseño y en función de las alternativas mencionadas.

Alternativa "a": Se diseñará el cárcamo 1.5 veces el volumen del agua colectada en las áreas de proceso en un lapso de una hora de precipitación, pluvial máxima, de acuerdo a los Códigos hidráulicos:

$$Q = \frac{AIR}{3600} = \text{Gasto en M}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Vol.} = 1.5 \times Q (\text{M}^3/\text{seg.}) \times 3600 \text{ seg.}$$

donde:

A = Area total drenada en (M^2)

I = Precipitación pluvial máxima, (80 mm/H.)

R = Coeficiente de corrección dependiendo del tipo de superficie (pavimento, Terracería, etc.) en este caso se considerará igual a la unidad.

De las bases de diseño se tiene que él área para drenarse es de 250,000 M^2 .

Por lo tanto tenemos:

$$Q = \frac{250,000 \times 0.08 \times I}{3600} = 5.55 \text{ M}^3/\text{Seg.}$$

$$\text{Vol} = 1.5 \times 5.55 \times 3600 = 30\ 000 \text{ M}^3$$

$$\text{VI} = 30\ 000 \text{ M}^3.$$

Alternativa "b" no será considerada por no tener el dato requerido.

ALTERNATIVA "C", El volúmen de agua contra-incendio que requiere una planta para su protección es de 5000 GPM en un tiempo de 60 min.

Substituyendo:

$$V2 = 1.5 \times 5000 \times 60 \times \frac{3.785}{1000} = 1703 \text{ M}^3$$

$$V2 = 1703 \text{ M}^2$$

V2 es menor V1.

De acuerdo a lo anterior se considerará la alternativa "A".

SEPARADOR DE ACEITE.

De acuerdo a lo establecido en las bases de diseño, el separador de aceite será del tipo de placas corrugadas, substituyendo al tipo API, por las ventajas que este ofrece y a continuación se enumeran las principales:

- a).- Mayor remoción de aceite que el separador API, teniendo la misma área.
- b).- En cantidades iguales de aceite, el separador de placas corrugadas requiere una instalación más pequeña.

Las demás especificaciones y consideraciones con relación a los dos tipos de separadores se indican en el capítulo IV.

El gasto para el separador de aceite es:

- a).- Drenaje aceitoso = $30,000 \text{ M}^3/\text{día} = 347.2 \text{ l/seg.}$

Para determinar el número de paquetes de placas corrugadas, se consideran los puntos "a" y "b" ya que el "c" es esporádico.

Para disminuir el contenido de aceite de 3.5% - 4.5% en el flujo de 347.2 l/seg. a 30 PPM (E = 90%), a una temperatura promedio de las marcadas en las bases de diseño, siendo aproximadamente igual a la temperatura promedio principal diaria de la zona de 90.5°F (32.5°C), a esta temperatura se tienen gravedades específicas iguales a 0.895 del aceite y 0.995 del agua (Factor determinante para el cálculo del número de paquetes, con un tamaño de partícula de 50 micrones que es el tamaño de promedio de partícula, -- que retiene este tipo de separadores, teniendo además un porcentaje de seguridad ya que a T = 20°C y diferencia de gravedades específicas de 0.1 partículas de 45 micrones y mayores son totalmente recuperables; utilizando la gráfica desarrollada por Heil, process se tiene que de acuerdo a los siguientes datos:

Temperatura promedio máxima 32.5°C

Tamaño partícula aceite 50

A Sp. Gr. (agua aceite) 0.1

La capacidad volumétrica a tratar por paquete es:

Capacidad volumétrica/paquete = 125 GPM.; Este gasto nunca es constante ya que esta en función de la temperatura, tamaño de la partícula y diferencia de gravedades específicas.

Número mínimo de paquetes de placas corrugadas para tratar el gasto correspondiente es:

$$\text{Número mínimo de paquetes} = \frac{\text{Capacidad total efluente}}{\text{Capacidad Paquete.}}$$

De acuerdo a los puntos anteriores "a" y "b", la capacidad volumétrica por paquete es de 125 GPM.

Substituyendo:

$$\text{Número mínimo de paquetes} = \frac{5504}{125} = 44 \text{ paquetes.}$$

$$\text{Número total de paquetes} = \frac{5504}{125} = 44 \text{ paquetes.}$$

De acuerdo a los puntos "a" y "b" se tienen 2 paquetes por cada celda por lo tanto:

$$\text{Número de paquetes/separador} = 44/2$$

$$\text{Número de paquetes/separador} = 22$$

Por cada separador se tiene una celda de relevo y teniendo 2 paquetes por celda, se hace necesario considerar 4 paquetes más, teniendo un total:

$$\text{Número total de paquetes} = 44 + 4 = 48.$$

$$\text{Número paquetes/separador} = 24$$

$$\text{Número de celdas/separador} = 12$$

Conforme lo establecido en las bases de diseño procedemos a calcular la velocidad en el paquete:

$$\text{Area de paso/paquete} = b \times h$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensiones del paquete: } b &= 42 \text{ pulg.} \\ h &= 38 \text{ pulg.} \end{aligned}$$

$$\text{Area de paso} = b \times h = \text{pulg}^2$$

$$\text{Area de paso} = \frac{42 \text{ pulg} \times 38 \text{ pulg}}{144 \frac{\text{pulg}^2}{\text{pie}^2}} = 11.08 \text{ pies}^2$$

$$\text{Area de paso/paquete} = 11.08 \text{ pies}^2$$

$$\text{Area de paso/Celda} = 11.08 \text{ pies} \times 2 = 22.16 \text{ pies}^2$$

$$\text{Velocidad de paso/paquete} = \frac{Q}{A}$$

donde:

$$Q = 125 \text{ Gal/min.}$$

$$A = 11.08 \text{ pies}^2 \times 7.48 \frac{\text{gal}}{\text{Pie}^3} = 82.88 \frac{\text{Gal}}{\text{Pie}}$$

Substituyendo:

$$\text{Velocidad de paso/paquete} = 7.6 \frac{\text{mm}}{\text{seg.}}$$

Para conocer la velocidad terminal (V_T) de separación del aceite del agua se puede aplicar la ley de Stokes, mencionada en el capítulo III.

$$V_T = 0.0241 \frac{SW - SO}{\mu}$$

Donde:

$$SW = 0.995$$

$$SO = 0.895$$

$$\mu = 0.0067$$

Substituyendo:

$$V_T = 0.0241 \times \frac{0.995 - 0.895}{0.0067} = 0.3597$$

$$= 0.3597 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

$$= 0.0059 \frac{\text{Pies}}{\text{Seg.}}$$

$$V_T = 1.79 \frac{\text{MM}}{\text{Seg.}}$$

Velocidad terminal de separación aceite-agua = 1.79 mm/seg.

Comprobación del régimen de flujo del agua aceitosa a través del paquete de placas corrugadas.

$$Re = 50.6 \frac{Q P}{d_o}$$

Donde:

Q - Capacidad paquete = 125 GPM.

P - Densidad del Fluido = 1.018 lb/pie³

- Viscosidad del fluido = 5 centipoises.

d_o = Diámetro equivalente del ducto en pulg.

De la relación d eq. = $\frac{4 \text{ Area de paso}}{\text{Perímetro mojado}}$

$$= \frac{4 \times 11.08 \times 12}{2 \times 38 + 2 \times 42} =$$

$$= 3.324 \text{ pies}$$

$$d \text{ eq.} = 39.88 \text{ pulg.}$$

Substituyendo:

$$Re = 50.6 \frac{125 \times 1.018 \times 62.4}{5 \times 39.88}$$

$$= 2011.73$$

$$Re = 2011.73 \text{ Régimen laminar.}$$

SEPARADOR DE AGUA SALADA ACEITOSA.

En base al cálculo anterior del separador de aceite, se calculará el separador de agua salada aceitosa para un gasto de 525 GPM.

I.- Dimensionamiento de la cámara de asentamiento con un tiempo de residencia de 5 minutos.

Volúmen de la cámara de asentamiento = $Q \times \theta$

Donde:

$$Q = \text{Gasto} = 525 \text{ GPM.}$$

$$\theta = \text{Tiempo de residencia} = 5 \text{ mín.}$$

Substituyendo:

$$V = 525 \times 5 = 2625 \text{ Galones}$$

$$= 9935.6 \text{ litros.}$$

$$V = 9.935 \text{ m}^3.$$

Dimensiones reales:

$$\text{Largo} = 8.878 \text{ m.}$$

$$\text{Alto} = 0.900 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho} = 1.250 \text{ m.}$$

Volúmen de la cámara de asentamiento = 9.98 m^3 .

II.- Determinación del número de paquetes.

$$\text{Temperatura promedio máxima} = 32.5^\circ\text{C}$$

$$\text{Tamaño partícula de aceite} = 40$$

$$\text{A Sp. Gr. (agua - aceite)} = 0.11.$$

La capacidad volumétrica a tratar por paquete de acuerdo a la gráfica Heil Process es:

$$\text{Capacidad volumétrica/paquete} = 70 \text{ G.P.M.}$$

$$\text{Número mínimo de paquetes} = \frac{\text{Capacidad total del Efluente}}{\text{Capacidad por paquetes}}$$

$$= \frac{525}{70} = 7.5$$

$$\text{Número mínimo de paquetes} = 7.5$$

$$\text{Número total de paquetes} = 8$$

$$\text{Número de paquetes/separador} = 8/2$$

$$\text{Número de paquetes/separador} = 4$$

Considerando 2 paquetes por separador, es necesario agregar 4 paquetes más, por lo tanto el número total de paquetes es:

$$\text{Número total de paquetes} = 8 + 4 = 12$$

$$\text{Número de paquetes/separador} = 6$$

$$\text{Número de celdas/separador} = 3$$

Cálculo de la velocidad en el paquete:

$$\text{Area de paso} = 11.08 \text{ pies}^2$$

$$\text{Area de paso/paquete} = 11.08 \text{ pies}^2$$

$$\text{Area de paso/celda} = 11.08 \times 2 = 22.16 \text{ pies}^2$$

$$\text{Velocidad de paso/paquete} = \frac{Q}{A}$$

Donde:

$$Q = 70 \text{ GPM.}$$

$$A = 82.88 \frac{\text{Gal.}}{\text{Pie}}$$

Substituyendo:

$$\text{Velocidad de paso/paquete} = \frac{70}{82.88} = 0.844 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

$$\text{Velocidad de paso/paquete} = 0.0140 \frac{\text{Pies}}{\text{Seg.}}$$

Cálculo de la velocidad terminal

$$VT = 0.0241 \frac{Sw - So}{\mu}$$

Donde:

$$S_w = 1.0075$$

$$S_o = 0.895$$

$$\mu = 0.008 \text{ poise}$$

Substituyendo:

$$V_T = 0.0241 \frac{(1.0075 - 0.895)}{0.008} = 0.338$$

$$V_T = 0.338 \frac{\text{Pies}}{\text{Min.}}$$

$$V_T = 0.0056 \frac{\text{Pies}}{\text{Seg.}}$$

$$\text{Velocidad terminal agua-aceite} = 0.0056 \frac{\text{Pies}}{\text{Seg.}}$$

Cálculo del régimen de flujo a través del paquete de placas corrugadas.

$$Re = 50.6 \frac{Q P}{d_o}$$

$$= 50.6 \frac{70 \cdot 1.018 \cdot x \cdot 62.4}{1.3 \cdot x \cdot 39.88} = 4339.9$$

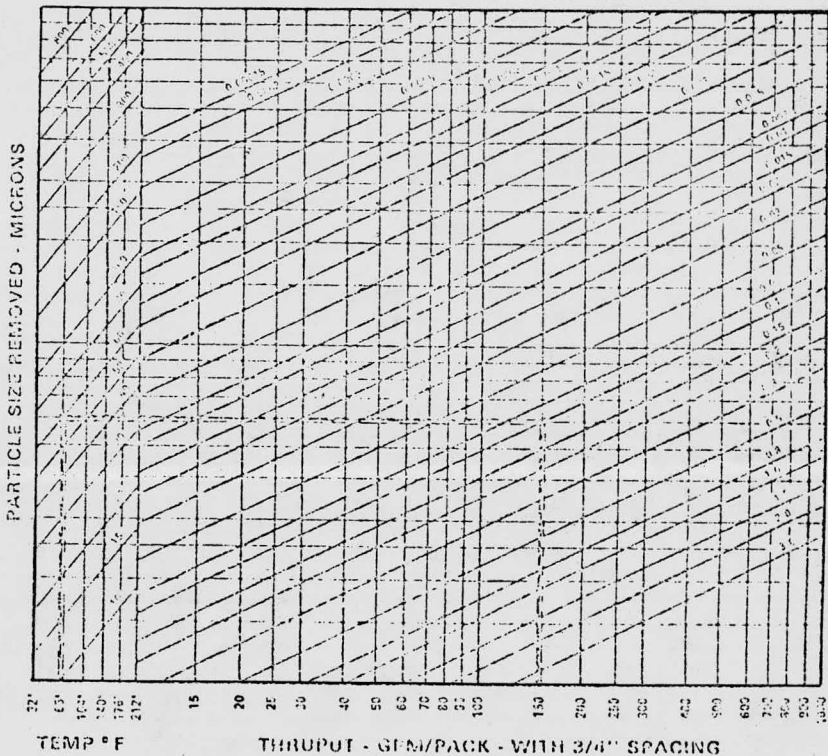
$$Re = 4339.6 \text{ Régimen turbulento}$$

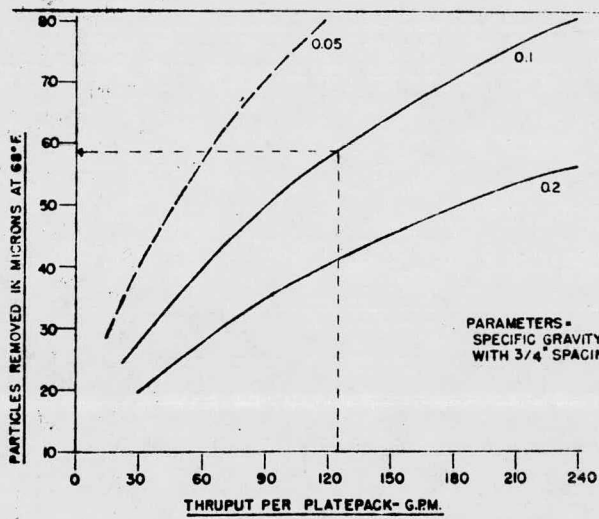
En lo referente a los detalles de construcción, niveles, volúmenes de concreto a manejar, etc. Son obras de aspecto civil por lo que aquí no lo consideraremos.

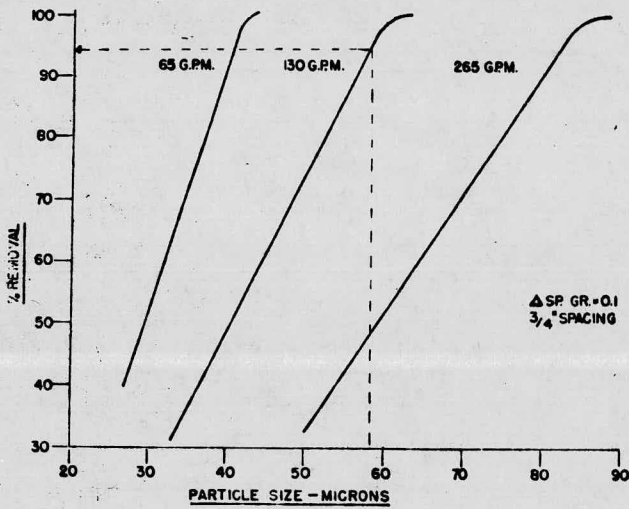
FOSAS DE IGUALACION.

Considerando que las fosas de igualación tienen un comportamiento similar a un separador de aceite de placas corrugadas tipo API, el diseño de estas fosas se hará como el separador de aceite tipo API.

PARAMETERS ARE DIFFERENTIAL SPECIFIC GRAVITY







Datos:

Flujo: 347.21 l/seg. = 5504 G/M.

Temperatura: T = 32.5°C

Gravedad específica agua SW = 0.995

Gravedad específica aceite SO = 0.895

Diámetro del Glóbulo Estimado D = 0.015 cm.

(Ver capítulo IV)

Viscosidad absoluta: 0.0067 poise.

a) Cálculo de la velocidad de ascensión en el agua residual (Ver capítulo IV)

$$VT = 0.0241 \frac{SW - SO}{\mu}$$

Substituyendo:

$$VT = 0.0241 \frac{0.995 - 0.895}{0.0067} =$$

$$VT = 0.3597 \text{ Pies/mín}$$

$$\mu = 0.0059 \text{ Pies/seg.}$$

$$VT = 0.1079 \text{ m/min}$$

b) Cálculo de la máxima velocidad horizontal media disponible:

$$VH = 15 v +$$

Sustituyendo:

$$VH = 15 (0.109) = 1.63$$

$$VH = 0.914 \text{ m/min (cap. IV).}$$

Para diseño se considera VH = 0.914 m/mín.

c) Cálculo del factor de diseño.

$$I.- \text{ Para turbulancia } \frac{VH}{VT} = \frac{0.914}{0.1079}$$

$$\frac{VH}{VT} = 8.47$$

FT = 1.22 (Interpolando de la tabla del capítulo IV
Separador API)

2.- Para Short - Circuiting Fs = 1.2

Factor total de diseño = F = (Ft) (Fs)

$$F = 1.22 \times 1.2 = 1.464.$$

d).- Cálculo de áreas mínimas y dimensiones:

1.- Area mínima de sección transversal.

$$Q_m = 5504 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{\text{Pie}^3}{7.48 \text{ gal}}$$

$$= 735.8 \frac{\text{Pie}^3}{\text{min.}}$$

$$A_c = \frac{Q_m}{VH} = \frac{735.8}{3.0} = 245.26 \text{ pies}^2$$

$$A_c = 22.79 \text{ m}^2$$

2.- Número de Canales.

$$N = \frac{A_c}{160}$$

Sustituyendo:

$$N = \frac{245.26}{160}$$

$$N = 1.532 \text{ (Ver capítulo IV)}$$

De acuerdo al resultado obtenido se requieren dos canales trans-
portando cada uno 2752 gal/min = 173.6 l/seg.

3.- Considerando que el ancho del canal sea de 6.09 m. de ancho, procedemos a calcular la profundidad:

$$d = \frac{Ac}{Bn}$$
$$= \frac{22.79}{6.09 \times 2} = 1.87 \text{ m.}$$

d = 1.87 m de profundidad

4.- Cálculo de la longitud

$$L = F \left(\frac{VH}{Vt} \right) d$$

donde F = 1.464 (de la tabla.)

Sustituyendo:

$$L = 1.464 \left(\frac{0.914}{0.109} \right) \times 6.13$$

$$L = 75.12 \text{ pies} = 22.90 \text{ m.}$$

Resultados:

No. Canales = 2

Ancho B = 20 pies = 6.09 m.

Profundidad d = 6.13 pies = 1.86 m.

Longitud L = 75.12 pies = 22.90 m.

TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Máquinas de flotación.-

MAQUINA DE FLOTACION

En la sedimentación es necesario incrementar el peso del flóculo por la adición de agentes químicos.

Parámetros fundamentales de la sedimentación:

Densidad de la partícula.

Densidad del líquido.

Diámetro de la partícula.

Viscosidad del agua.

Velocidad de escurrimiento.

Tiempo de retención.

Métodos de operación.

Condiciones de entrada.

Condiciones de salida.

Concentración de las partículas.

Sin embargo la flotación de suspensiones solamente la llegaremos a tener, después de una disminución en el peso del flóculo, empleando un elemento cuyo costo es reducido y su uso no tiene afectos sobre los residuos. Este elemento es el aire. Por inyección de aire, la densidad del flóculo se reduce por la fijación de burbújas de aire producidas en un mecanismo especial. Más tarde el flóculo asciende a la superficie.

La velocidad de ascensión V , de un flóculo está gobernada por la siguiente ley:

donde:

d = densidad aparente de la partícula.

v = volúmen de la partícula.

s = Superficie de la partícula.

k = Coeficiente en función de la naturaleza de la superficie del flóculo.

n = Exponente cuya variación es entre 1 y 2.

La inyección directa de aire en la masa de agua utilizada para el tratamiento de la materia sólida, tales como minerales, no es práctica por la fragilidad del flóculo. Por otro lado la inyección de aire es tomada de manera particularmente afectiva para un mezclado - con la corriente de agua (un flujo de agua previamente saturado con aire a una presión de pocos bares - (5 bares por ejemplo). Teniendo una expansión controlada, el agua llega a supersaturarse y el aire se disgrega en forma de burbújas. Se tienen 3 condiciones para la aplicación correcta de este principio.

1.- Prohibir la formación de grandes burbújas las cuales no pueden adherirse al flóculo y provoquen disturbios en el flujo hidráulico y dañar la capa de materia colectada en la superficie.

2.- Mezclar el agua saturada con aire y la corriente de agua floculada de tal manera, que la mayoría de las burbújas no tengan el tiempo suficiente para formar un completo mezclado en las dos corrientes. Por esto es conveniente aprovechar los pocos segundos de re-

trazo durante el cual el agua super-saturada está en falso equilibrio.

3.- No romper el flóculo durante el curso de la operación de mezclado. Se ha demostrado que algunos parámetros tienen una influencia apreciable sobre el tamaño y número de burbújas de aire, estos parámetros son:

- a) Tipo del mecanismo de expansión
- b) Velocidad de paso de aire a través del mecanismo.
- c) Amplitud de la expansión.
- d) Tensión superficial del líquido.

Estos parámetros tienen una influencia efectiva sobre:

a).- La cantidad de aire:

Ya sea que todo el aire o nada sea disgregado durante el tiempo de retención en la columna de distribución del flotador (pocos minutos) depender del tipo de expansión.

b).- El tamaño de las burbujas:

En las dos fotografías anexas aumentadas 60 veces su tamaño, se muestran dos tipos de operaciones burbuja:

- 1.- Poca dispersión y burbujas finas con una expansión de 5 bares de una muestra de agua con una cantidad --- pequeña de PPM de tensión superficial (Fig. A).
- 2.- Alta dispersión con expansión de 3 bares (Fig. B).

De estas 2 fotografías se pueden construir una serie de histogramas similares a los reproducidos en la (Fig. c) y de este modo es posible deducir la fluencia de los parámetros.

La amplitud de la expansión tiene influencia primaria; un incremento de la amplitud disminuye al tamaño de las burbújas y entorpece su distribución.

Una vez que los parámetros que afectan al tamaño y número de burbújas se han determinado es necesario estudiar que tamaño promedio permite la mejor flotación de un flóculo dado. Se han encontrado beneficios apreciables operando en un rango de 15 a 50 micrones para burbújas mayores (arriba de 100 micrones) son inefectivos, mientras que burbújas abajo del rango mencionado conduce a resultados negativos.

Otros parámetros que deben tomarse en cuenta son la Demanda Bioquímica de oxígeno - (DBO), es la cantidad de oxígeno expresada en mg/L y consumida en las condiciones de ensayo (incubación a 20°C y en la obscuridad) durante un tiempo dado para asegurar, la oxidación por la vía biológica de las materias orgánicas biodegradables presentes en el agua. Para ser completa la oxidación biológica exige un tiempo de 21 a 28 días y se obtiene entonces la DBO última, DBO_{21} ó DBO_{28} .

La DBO_{21} y la DBO_{28} que exigen un tiempo demasiado largo se ha reemplazado convencionalmente por la DBO_5 , es decir, por la cantidad de oxígeno consumida en 5 días de incubación.

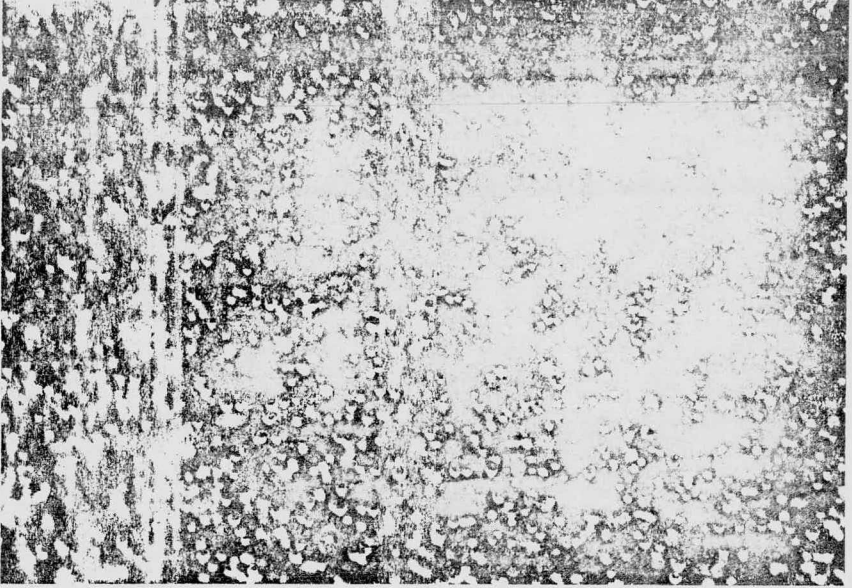


Fig. A

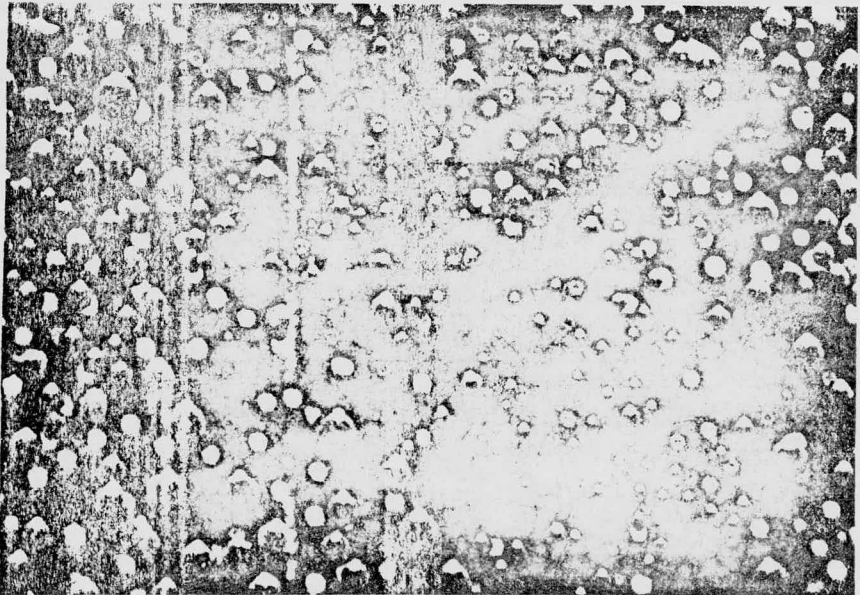


Fig. B

El pH , el cual, debe estar comprendido entre 6.5 y 8, en caso contrario, se efectuará previamente una neutralización de agua residual.

La recirculación del caudal a tratar debe hacerse para la producción de micro burbújas, presurizando el caudal recirculado durante un cierto tiempo de contacto, en un tanque de presurización.

La velocidad ascensión del flóculo, es la rápidez del flóculo para alcanzar la superficie del líquido y esta sujeta a las propiedades del líquido como son densidad, viscosidad, temperatura, etc.

Lo expuesto anteriormente permite conocer las características específicas y los Factores que intervienen en el mecanismo de flotación. El diseño y arreglo de las máquinas de flotación se - hará de tal forma de que en cualquier momento una de ellas esté en operación.

Las condiciones y requerimientos del efluente, para el diseño y dimensionamiento de las máquinas de flotación se mencionan a continuación:

- 1.- Capacidad = 3000 GPM
- 2.- Concentración de aceite a la entrada = 100-150 ppm
- 3.- Concentración de aceite a la salida = 5 ppm
- 4.- Gravedad específica agua = 1.015 a 100°F
- 5.- Gravedad específica aceite = 0.90 a 100°F
- 6.- Disminución de la DBO_5 (65% - 85%)

- 7.- pH del agua = 6.5 - 8
- 8.- Recirculación del caudal a tratar (15 - 60%)
- 9.- Velocidad ascensión = 2.5 - 6.5 m/seg.
- 10.- Tiempo de retención = 15 minutos.
- 11.- Presión de saturación = 3.7 kg/cm².

Dados los antecedentes del efluente aceitoso, los requerimientos solicitados y las bases de diseño consideradas se procedió a requisitar al equipo de máquinas de flotación bajo las siguientes especificaciones:

MAQUINA DE FLOTACIÓN.

Clave: MF-900 A y B.

Servicio: Remoción de aceite en suspensión y disminución de DBO_5 del agua efluente.

Capacidad: 3000 GPM

Líquido: Agua aceitosa.

Concentración aceite entrada/salida: 100-150 ppm/5 ppm.

Gravedad específica agua/aceite: 0.995/0.895 en 100°F.

pH agua entrada 8.5 (máx.)

Diámetro de la partícula: 0.015 cm.

Superficie de la partícula: 0.000176 cm²

Volúmen de la partícula: 1.76 x 10⁻⁶ cm³

Viscosidad del agua: 0.0067 poise.

Peso del flóculo: Fabricante.

Densidad del flóculo:

Tiempo de retención del flóculo: Fabricante.

Velocidad de escurrimiento del flóculo: Fabricante
Tamaño de la burbúja: Fabricante
Velocidad de ascensión de la burbuja: Fabricante
Tipos de operación de la burbúja: Fabricante
Gasto de aire: Fabricante.
Presión de aire: Fabricante
Modo de inyección del aire: Fabricante
Forma de disgregación del aire: Fabricante
Velocidad de paso del aire: Fabricante
Control de la expansión: Fabricante
Mecanismo de expansión: Fabricante
Amplitud de la Expansión: Fabricante
Tiempo de falso equilibrio: Fabricante
Métodos de operación: Fabricante
Forma y dimensiones de su equipo.
Arreglo: Sistema celdas en serie.
No. Celdas: Fabricante.
Volúmen de cada celda: Fabricante
Dimensiones: Largo, ancho y profundo: Fabricante
Volúmen celda aceite: Fabricante.

CONEXIONES.-

Entrada: $\emptyset/150$ # R.F. - R.J. Horiz. (agua)

Salida: $\emptyset/150$ # R.F. - R.J. Horiz. (agua)

Salida: $\emptyset/150$ # R.F. - W.N. Horiz. (aceite)

Conexiones: Muestreo, drenes, manómetros, termómetros,
químicos, control químico, indicador de -

nivel.

AGITADOR O INDUCTOR (AIRE)

Servicio: Forzar el agua aceitosa a travéz del dispersor.

Tipo: Centrífuga difusor.

Diámetro: Fabricante.

Velocidad: (H.P.) Fabricante.

Potencia: (RPM) Fabricante.

Materiales: Fabricante.

Rotor/Flecha: Neopreno/acero al carbón SAE 414U ó similar.

MOTOR ELECTRICO VERTICAL.

Potencia: (H.P.) Fabricante

Tipo: Inducción J.A.

Carcaza/Construcción: TCCV/APE.

Velocidad: (RPM) Fabricante

Alimentación eléctrica: 220-440V/3f/60Hz.

Servicio: Accionar agitador.

TRANSMISOR DE POLEAS Y BANDAS.

Tipo: "V" Trapezoido o DYNA "V".

Factor de servicio: 1.5.

CUBRE BANDAS:-

Tipo: Jaula desmontable.

Servicio: Protección personal y de intemperismo.

Construcción: Pesada industrial

Materiales: Solera, lámina negra y tela tipo industrial

VALVULA DE VENTEO.-

Servicio: Permitir la entrada y salida (venteo) de aire a causa, del movimiento de líquido en-trando y saliendo de la máquina y los cambios externos de la máquina.

Capacidad: M³/Hr, ó CFM a 40°F, cambio termal.

AP: Presión/Vacío: 0.50 O₂/pulg²/Idem.

Conexión: Ø/125 # F.F./Vertical

Tipo: Disco a disco.

Especificación: API Standard-12C y 2000.

CONTROL NEUMATICO TIPO FLOTADOR.

VENTILADOR.-

Servicio: Forzar aire del exterior a la máquina para lograr la flotación.

Tipo/Arreglo: Centrífugo/uno.

Capacidad/Presión estática: (M³/Hr/mm.) Por Fabricante

Consumo de potencia/vel: (BHP/RPM.) por Fabricante

Construcción: Rotor y caja/Flecha: Ac. al carbón/SAE 4140.

MOTOR ELECTRICO.

Servicio: Accionar ventilador.

Potencia/Velocidad: (HP/RPM) Por fabricante.

Carcaza: TCEV/APE.

Alimentación eléctrica: 220-440V/ef/60 Hz.

NOTAS:

- 1.-El fabricante deberá suministrar una serie de histogramas de comportamiento del equipo cotizado.
- 2.-Se debe evitar la formación de grandes burbujas.
- 3.-Se debe mezclar el agua presurizada y el agua floculada en un corto tiempo.
- 4.-No se debe romper el flóculo durante la operación de mezclado.
- 5.-El fabricante deberá cotizar un lote de refacciones como partes de repuesto para un mínimo de dos años de operación.
- 6.-El fabricante deberá indicar explícitamente los conceptos en los -
cuales se desvíe de lo especificado.
- 7.-El fabricante deberá cotizar equipo nacional en moneda nacional y--
L.A.B. fábrica y para el equipo de importación L.A.B. en frontera ó
puerto mexicano y en dólares.

INFORMACION REQUERIDA CON LA COTIZACION.

El fabricante deberá incluir con su oferta copia de los siguientes dibujos e información:

- a) Es requisito indispensable que el fabricante tenga experiencia en la manufactura del equipo de igual ó mayor tamaño, así como de los diferentes componentes de las máquinas de flotación; hayan sido debidamente probados, para lo cual se deberá presentar una lista en donde se muestre la capacidad de la máquina de flotación, cliente y año de instalación.
- b) Arreglo general de la máquina de flotación.

- c) Planta y elevación con dimensiones.
- d) Detalles de los diferentes componentes de la máquina de flotación.
- e) Lista de partes de repuesto recomendadas con precios unitarios.

INFORMACION REQUERIDA CON EL PEDIDO.

Se requieren los siguientes dibujos e información:

Dibujos e información requerida.

- a) Dimensiones generales. Planta y Elevación.
- b) Cimentación y cargas de la máquina de flotación.
- c) Curvas de operación.
- d) Instructivos de instalación, operación y mantenimiento.
- e) Dibujos para aprobación.

LAGUNA DE OXIDACION

Aplicando el Método Beychok utilizado por la Oficina de Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos, tenemos:

Datos:	Flujo, M ³ /día	30,000	
	Flujo, GPM	5,500	
	Flujo, pies ³ /día	1'060,000	
	DQO afluyente, ppm	450	
	DBO ₅ , afluyente, ppm	150	(Relación 450 ÷ 3)
	DBO ₅ , efluente, ppm	22.5	= 85%

En virtud de que se carece de instrumental para la determinación de DBO₅, se procedió al análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y se utilizó la relación que para fines prácticos establecen Moore y Ruchhoft entre DQO y DBO₅ de 3:1, de esta manera se transforman los resultados disponibles de DQO a sus correspondientes de DBO₅.

Aplicando:

$$W_o = \frac{(DBQ_5,a - DBO_5,e)}{0.68} \times (\text{Flujo, lbs/día}) \times 10^{-6}$$

Donde: W_o - Reducción de DBO₅, lb O₂/día

DBO₅,a - DBO₅ afluyente, ppm

DBO₅,e - DBO₅ efluente, ppm

0.68 - Eficiencia de oxigenación.

Substituyendo tenemos:

$$W_o = \frac{(150 - 22.5)}{0.68} \times (66,038,000) 10^{-6} = 12,382 \text{ Lb } O_2/\text{día}$$

$$W_o = 12.382 \text{ lb } O_2/\text{día}$$

$$DBO_5 \text{ entrada} = 150.0 \text{ ppm}$$

$$DBO_5 \text{ salida} = \frac{22.5 \text{ ppm}}{127.5}$$

$$\text{Extracción} = 127.5 \text{ ppm}$$

Para el área requerida tenemos:

$$A = \frac{Hc W_o}{pSE}$$

donde:

A - área requerida, pies²

Hc - Calor combustión algas, BTU/lb, alga = 10,800
(Según Rich Ver cap. IV)

W_o - Reducción DBO₅ calculada, lb O₂/día = 12,382

p = Oxígeno producido por algas, lb O₂/lb. alga =
1.63 (Según Rich Ver Cap. IV)

E - Eficiencia de conversión solar = 0.4 (Según -
Rich Ver Cap. IV)

S - Poder calorífico solar, BTU/pies²/día - 536

$$S = S \text{ min} + (S \text{ máx} - S \text{ mín}) C \quad (1 + 0.01e)$$

S mín = Poder calorífico solar, mínimo, latitud N 20°,
cal/cm²

S máx = P. calorífico solar, máximo, latitud N 20°, -
cal/cm²

C = Fracción de horas de luz del día en la que el cielo
es claro. = 0.3

e - Elevación en miles de pies = 6.6 ft. (Salina Cruz,
Oax.)

Grados latitud Norte = 20° (parámetro de referencia para cálculo P_o)

der calorífico).

Substituyendo valores de Tabla 25 de valores de insolación de luz visible a nivel del mar con grados Latitud Norte y condiciones climáticas para más referencias -- consultar teoría en capítulo IV.

Debido a que los porcentajes biológicos constantes bajan en invierno, no se considera el porcentaje de extracción del DBO_5 de diseño en las fechas de noviembre a febrero de este modo, consideramos el mes de Octubre para cálculo.

Radiación Solar (Langleys) en Octubre:

$$S = 150 + 0.3 (224-150) \quad (1 + 0.06)$$

$$S = 1182.532 \text{ cal/cm}^2 - \text{ día}$$

$$S = 672.99 \text{ Btu/pie}^2 - \text{ día}$$

Para Junio tenemos, asumiendo una relación de nublado de 0.7:=

$$S = 148 + 0.7 (284.148) \quad (1 + 0.06)$$

$$S = 257.792 \text{ cal/cm}^2 - \text{ día}$$

$$S = 950.479 \text{ Btu/pie}^2 - \text{ día}$$

Substituyendo en ecuación Area:

$$A = \frac{10,800 \times 12,382}{1,63 \times 672.99 \times 0.04}$$

$$A = 3,047,602.69 \text{ pies}^2$$

$$= 284,822.68 \text{ m}^2$$

$$= 28.482 - \text{Ha}$$

$$A = 70.34 \text{ Acres.}$$

$$\text{Tiempo de residencia: } 0.79^t = \frac{\text{DBO}_5 \text{ efluente}}{\text{DBO}_5 \text{ afluente}}$$

Donde: t = Tiempo de residencia en días.

Substituyendo:

$$0.79^t = \frac{22.5}{150} = 0.15$$

$$t = \frac{\log 0.15}{\log 0.79} = 8.05 \text{ días}$$

$$t = 8.05 \text{ días.}$$

Profundidad de la Laguna:

$$D = \frac{Q \times t}{A}$$

donde: Q = Gasto $\text{pie}^3/\text{día} = 1,060,000$

D - Profundidad en pies

A Area requerida en $\text{pies}^2 = 3,047,602.69$

$$D = \frac{1,060,000 \times 8.05}{3,047,602.69}$$

$$D = 2.79 \text{ pies}$$

$$D = 0.85 \text{ m.}$$

Si aplicamos $t/D = 4.54$ (Datos de Oswald y otros para funcionamiento en invierno).

Así, para octubre la laguna requerirá una área de $4,812,400 \text{ pies}^2$

En Junio se acostumbra utilizar una $t/D = 2.5$ y, se tendría una

área de 2,650,000 pies².

La eficiencia mínima requerida en Junio sería:

$$E = \frac{HcW_o}{pQ} \left(\frac{1}{S} \right) \left(\frac{D}{t} \right)$$

Substituyendo valores:

$$E = \frac{10,800 \times 12,382}{1,63 \times 1,060,000 \times 950.47 \times 2.5}$$

$$E = 0.0325$$

Este es un valor dentro de límites, y así podemos usar una laguna con una área de 247663.55 m², en el mes de junio.

Recomendaciones API, marcadas en capítulo III fijan una profundidad de 4' (1.2 m), ya que a menor profundidad se favorece crecimiento indeseable de plantas en fondo de la laguna, y limitación señalada en cálculo anterior.

Considerando que los datos en cálculo de una área son poco representativos de las condiciones reales, se recalcula el área con la profundidad obtenida.

$$A = \frac{Q \times t}{D}$$
$$= \frac{1,060,000 \times 8.05}{2.79}$$

$$A = 3,058,422.93 \text{ pies}^2$$

$$= 285,833.91 \text{ m}^2$$

$$= 28.58 \text{ Ha}$$

$$= 70.60 \text{ Acres}$$

LAGUNA DE ESTABILIZACION.

Partiendo de la ecuación obtenida por Herman y Gloyna para la determinación del área de una laguna tenemos:

$$A = 3.07 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot S_o \cdot o^{(35-t)} \cdot f \cdot f'$$

donde:

A - área de la laguna con una profundidad de 1.82 en (acres)

Q - Flujo afluente de aguas de desecho (Millones gal/día).

S_o - DBO en el afluente, carga DBO₅ (mg/lt)

T - Temperatura media mínima mensual del año, o del afluente (°C).

O - Coeficiente de temperatura = 1.085

f - Toxicidad de las algas o factor de compensación - para desperdicios domésticos f = 1.0

para contaminantes industriales:

$$f' = o^k \frac{C_o}{k \cdot o + 1}$$

k - Constante de inhibición de clorofila (Toxicidad) - para desechos tóxicos con una concentración C_o.

t_o - Tiempo de reacción para velocidad de biodegradación (k_o) a temperatura T_o.

f' - Corrección para sulfuros = 1.0 para una concentración de sulfuros equivalente a ion SO₄ menor de 500 mg/lt.

para contaminantes industriales:

$$f' = 0^k \frac{C_0}{k_0 t_0 + 1}$$

k - Constante de inhibición de clorofila (Toxicidad) para desechos tóxicos con una concentración C_0 .

t_0 - Tiempo de reacción para velocidad de biodegradación (k_0) a temperatura T_0 .

f' - Corrección para sulfuros = 1.0 para una concentración de sulfuros equivalentes a ion SO_4 menor de 500 mg/lt.

En base a este modelo matemático para diseño de lagunas facultativas, después de haber reducido la DBO_5 en una laguna de oxidación y por lo tanto tomando este valor como base de cálculo tendremos:

Para poder usar la ecuación, el factor de corrección f' , se toma con el valor de 1.0, haciendo la consideración de que los desechos del separador de placas corrugadas son tratados por un sistema de flotación con aire, para reducir la demanda química de oxígeno y el aceite, elementos que afectan el valor de f' .

Datos: $Q = 30,000 M^3/\text{día}$

$$= 5,500 \text{ GPM}$$

$$Q = 7.92 \times 10^6 \text{ gal/día}$$

$$S = 22.5 \text{ mg/lt. de } DBO_5$$

$$T = 32.5^\circ\text{C}$$

$$A = 3.07 \times 10^{-3} \quad 7.92 \cdot 22.5 \cdot 1.085 \quad (35-32.5) \\ \times 1 \times 1$$

$$A = 0.670 \text{ acres}$$

$$= 0.2714 \text{ Ha.}$$

$$A = 0.2714 \text{ Ha.}$$

Carga de DBO_5 por área

$$S = 22.5 \text{ mg/lit} = 22.5 \text{ g/m}^3$$

$$S = 22.5 \text{ g/m}^3 \times 30,000 \text{ m}^3/\text{día} = 675 \text{ kg/día}$$

$$S = 675 \text{ kg/día.}$$

$$C = \frac{675}{0.2714} = 2487$$

$$C = 2487 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{ha/día.}$$

En virtud de que este valor se dispara de los límites fijados anteriormente por los parámetros de la ecuación 4, para un tiempo de retención óptimo, se toman 3.5 días para la evaluación - por lo que el área total requerida es:

$$A = 0.2714 \times 3.5 = 0.9499$$

$$A = 0.9499 = 1.0 \text{ ha}$$

Carga de DBO_5 para 1.0 ha

$$C = \frac{675}{1.0} = 675$$

$$C = 675 \text{ kg } \text{DBO}_5/\text{ha/día}$$

Dado que este valor de carga por unidad de área, aún - resulta grande, para las condiciones recomendables (280 kg) para las lagunas facultativas, al ser tan grande la DBO invariablemente se tendrá una tendencia a las condiciones anaeróbicas, como el afluente a esta laguna proviene de un sistema de aereación mecánica, lo más conveniente para reducir esta carga, hasta un valor que esté dentro espe

cificaciones, es incrementar el tiempo de residencia, considerando un valor de 10 días.

$$A = 0.2714 \times 10 = 2.7$$

$$A = 2.7 \text{ ha}$$

$$C = \frac{675}{2.7} = 250$$

$$C = 250 \text{ kg DBO}_5/\text{ha/día}$$

Con este valor de 250 kg DBO₅/ha/día se cumple condición para la realización del proceso de fotosíntesis.

Se tendrá de acuerdo a modelo, un efluente con reducción de 85% de DBO₅ descargándose al cuerpo corriente a una concentración de 3.38 mg/lit de DBO₅.

C O N C L U S I O N E S .

Todo lo expuesto permite confiar en que la polución ambiental - puede controlarse.

Con la aplicación de sistemas de tratamiento primario y secunda rio a las aguas de desecho de la refinería propuestos en el proyecto, s posible enmarcarlos dentro de especificaciones requeridas para la- prevención y control de la contaminación.

Con la instalación de un sistema de tratamiento de afluentes se logra prevenir y controlar la creciente contaminación en una forma -- real, concreta y efectiva siendo que al separar el aceite del agua, - los desechos aceitosos no se envían directamente a los receptores (ma res, ríos y lagunas), quienes proporcionan una serie de beneficios in onmensurables al hombre, la flora y la fauna.

Si al efluente aceitoso no se trata, y se utiliza en los campos agrícolas, los daños producidos por estos contaminantes serían desas- trosos, porque las tierras afectadas se volverían improductivas, re-- flejándose esto en contra de la vegetación, del reino animal y del -- hombre mismo. Los animales hervíboros se verían afectados al consumir vegetales contaminados y al mismo tiempo el hombre por alimentarse de ambos.

Del mismo modo, si el efluente aceitoso se descargara a los re- ceptores antes mencionados se alteraría el equilibrio ecológico acuá- tico, pudiendose llegar a alcanzar proporciones alarmantes de contami nación que implicarían su extinción parcial e incluso total.

Fundamentándonos en los argumentos anteriores, se exige la instlación de estos sistemas en todas las industrias donde se produzcan -- emisiones aceitosas; aún cuando la inversión no fuese rentable es justificada por la trascendental aportación a la perpetuación y vida de -- las especies, así como a la conservación de la creación.

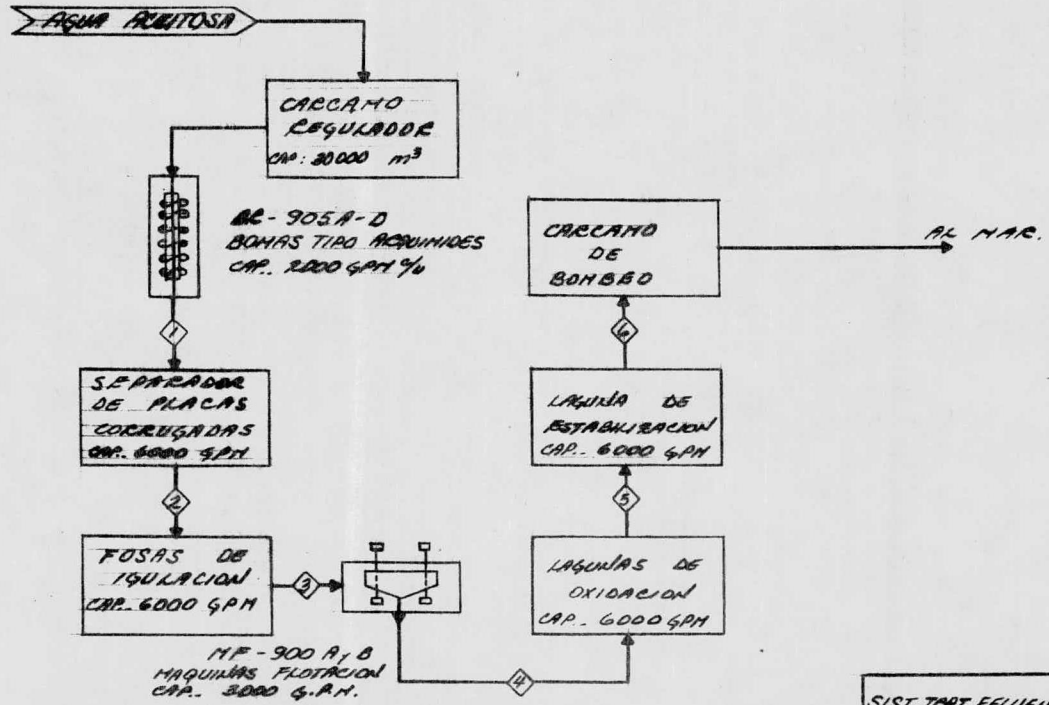
El hombre tiene una responsabilidad especial para salvaguardar y manejar correctamente su herencia de vida silvestre y el habitat de la misma, que se encuentra en grave peligro por la combinación de factores adversos.

La conservación de la naturaleza debe recibir la debida importancia en la planeación para el desarrollo humano, económico y social.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Petroleum Institute: "Biological Treatment of Petroleum Refinery Wates".
- 2.- Procesos Unitarios de Ingenieria Sanitaria de L.G. Rich.
- 3.- Gulf Publishing Company: "Waste Treatment and Flare Stack Desing Handbook". Hydrocarbon Processing.
- 4.- Dobbins, W.E.: "BOD and Oxygen Relationship in Streams".
Journal of the Sanitary Engineering Division ASCE No. SA3
(Junio 1964).
- 5.- Catálogos de Fabricantes de equipo.
- 6.- Guilliam, A.S.,: Biological Disposal of Refinery Wastes"
- 7.- American Petroleum Institute: "Manual on Disposal of Refi
nery Wastes". Volume I
- 8.- La Contaminación. Biblioteca Salvat
- 9.- Vrablik, E.R.: "Fundamental Principies of Dissolved Air -
Flotation of Oil Industrial Wastes".
- 10.- Principles of Gas Absorotion.
- 11.- Beychok, M.R.: "Aqueous Wastes from Petroleum and Petroche
mical Plants". Wiley, N.Y.
- 12.- Huber, L.: "Disposal of Efluentes from Petroleum Refineries
and Petrochemical Plants"

DIAGRAMA DE BLOQUES



CORRIENTES	NUM	1	2	3	4	5	6
DESORGENA	CODICENTE	AGUA RESIDUA	AGUA RESIDUA	AGUA RESIDUA	AGUA SIN RESIDUO	AGUA SIN RESIDUO	AGUA SIN RESIDUO
GA STO	GPH	6000	6000	6000	6000	6000	6000
CONC. RESIDUO	PPM	20000	1300	150	5	5	5
TEMP.	°F	80	80	80	80	80	80

SIST. TRAT. EFLUENTES
Diagrama de bloques

UNIV. FAC. QUIMICA

TESIS PROFESIONAL

J. L. EDUARDO CEBR CASTILLO.