

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO, DE EFLUENTES LIQUIDOS, A NIVEL DE LABORATORIO

R. Pizarro-Cabrera, G. Salas-Colotta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química
Instituto de Ingeniería Química
Av. Venezuela s/n Lima-Perú

Abstract: This work concerns the design and construction of a flotation equipment - laboratory size - for the treatment of waste water of the fishmeal industry.

Key words: Dissolved air flotation, treatment of waste water

Resumen: En el presente trabajo se ha diseñado y construido un equipo de laboratorio, de separación de fases para el tratamiento de efluentes líquidos de la industria de harina de pescado, mediante el método de flotación por aire disuelto.

Palabras clave: Flotación por aire disuelto, tratamiento de efluentes

INTRODUCCION

El Perú es uno de los grandes productores de harina de pescado, superado posiblemente sólo por Chile. Debido a su larga línea costera y a la abundancia relativa de peces en sus costas, la fabricación de harina de pescado constituye una gran industria de exportación. La mayor parte de las plantas procesadoras de harina de pescado están concentradas en la faja costera.

Usualmente estas plantas se ubican a lo largo de la costa por razones obvias. "Bolicheras" o arrastreros de altura pescan en las aguas del Pacífico y traen sus peces a la costa. La transferencia de los peces de las bolicheras a las plantas de procesamiento es realizada por bombeo. Es importante señalar que la operación de traslado de los peces es la mayor fuente de aguas residuales contaminantes generadas en las pesqueras. Dos métodos son usualmente empleados. La forma más común es aquella en que grandes bombas centrífugas ubicadas en chatas son usadas para el traslado. Las bolicheras con los peces son anclados junto con las chatas. Las bombas succionan los peces, (junto con agua de mar) capturados por las embarcaciones hacia las pesqueras, localizadas a 200 - 500 metros. Debido a su facilidad y relativamente barata operación y mantenimiento, las bombas centrífugas son usadas, pero añaden mucha agua de mar (hasta 3 veces el volumen de los

peces) durante el proceso de bombeo. Además la acción cortante de los impelentes causa considerable daño a los peces que están siendo bombeados. Ambos factores contribuyen a mayores flujos y concentración de carga contaminante de los efluentes pesqueros generados por esta operación, razón por lo cual a estos efluentes generados en la industria pesquera se les denomina "agua de bombeo" (WW waste water)

El otro método no tan empleado es usar técnicas de vacío / neumáticas(bombas de vacío) para descargar los peces de las embarcaciones y su subsiguiente traslado a tierra. Este método introduce aproximadamente un décimo del agua introducida por las bombas centrífugas y además causa mínimo daño a los peces. Las fábricas que usan este método para el traslado de los peces generan significativamente menos cantidades de WW y con una considerable menor carga contaminante. Las desventajas obvias de este método de descarga, son los mayores requerimientos de capital y de costos de operación y mantenimiento.

La industria de fabricación de harina de pescado en el Perú es consciente de esto y está actualmente estudiando el impacto técnico- económico del modelo de traslado con el fin último de reducir el impacto ambiental.

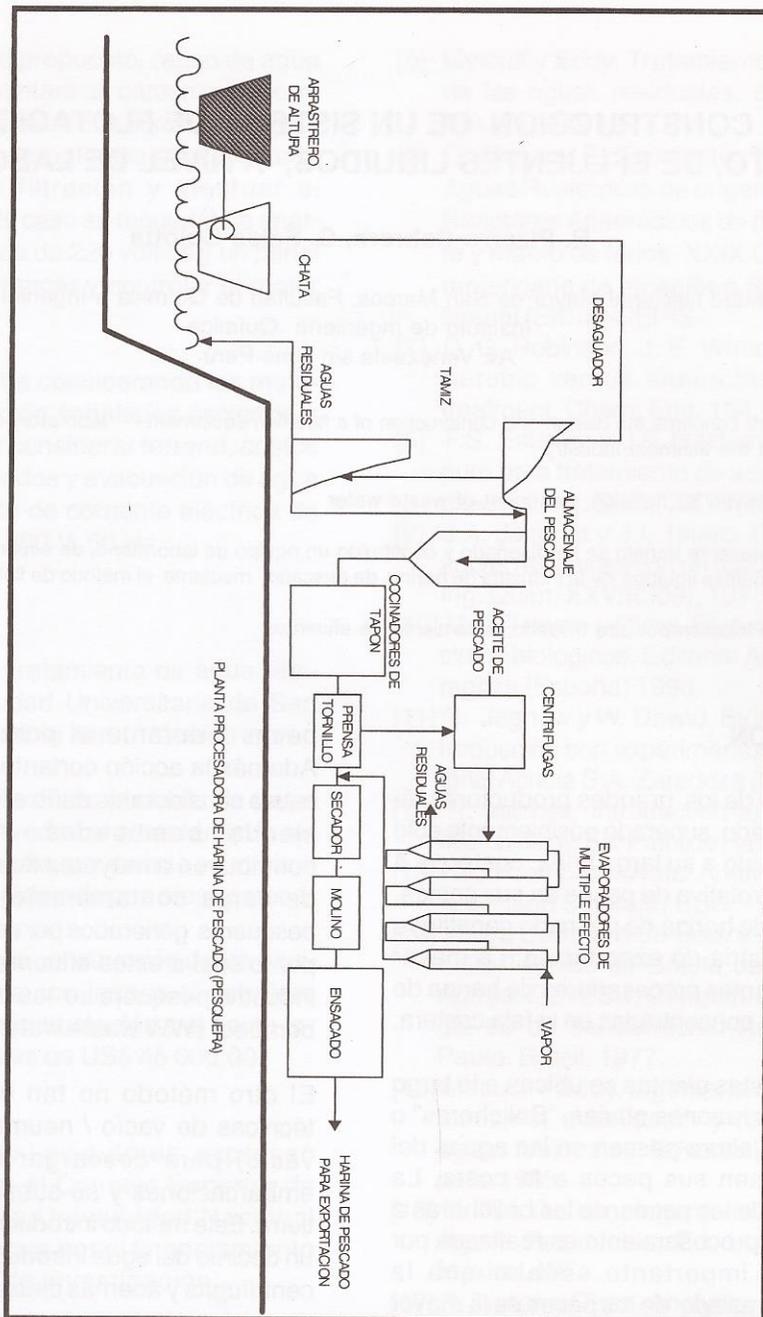


Diagrama de flujo típico de una planta pesquera

Diagrama 1

RESUMEN DE LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA PESQUERA

El **diagrama 1** muestra esquemáticamente el flujo típico de una planta pesquera. La carga trasladada desde la chata, es descargada a un desaguador, que separa el pescado del agua que contiene proteína, grasa y aceite y pequeñas partículas. Las partículas de un tamaño de 2 mm (escamas) son separadas en tamices vibratorios. Las partículas de menor tamaño constituyen la principal fuente de contaminación del agua de bombeo y contienen

sólidos finos, sangre, lípidos (grasas y aceites) y una demanda bioquímica de oxígeno asociada[1].

Los peces provenientes del desaguador y las escamas de las zarandas son trasladados a grandes depósitos de almacenamiento. Estos depósitos constituyen un almacenamiento por poco tiempo y los peces son transportados rápidamente a cocinadores de vapor. Se evita la demora a fin de mantener la frescura de los peces y asegurarse de que no ocurra putrefacción después que la operación de cocimiento

este terminada, los peces son trasladados a prensas de tornillo para alcanzar una concentración de sólidos adecuada antes del siguiente paso que es el secado con temperatura.

Después de alcanzar la sequedad requerida, el producto es usualmente llevado a una operación de molienda para asegurarse que el producto alcanza la homogeneidad requerida, antes de ser empacado y dejar la planta.

El líquido obtenido en las prensas de tornillo se envía a centrifugas donde el flujo de aceite es separado para su venta como un subproducto. La fase acuosa de la centrifuga todavía contiene un valor recuperable sólidos por lo que es enviada a evaporadores de efecto múltiple para ser concentrado. El concentrado conteniendo aproximadamente 40 % de sólidos es alimentado al secador junto con los sólidos provenientes de la prensa. El condensado es arrojado de la planta y constituye WW.

II.- ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO

TEORIA DE LA FLOCULACIÓN

Las muestras de agua de bombeo indican contenido de sangre, grasas y aceites y sólidos finos. Es necesario desestabilizar el efluente residual a fin de alcanzar la deemulsificación y la coagulación. Este es un paso necesario previo a la floculación y a una eficiente remoción por flotación[2].

HIDROSOLES

Los soles son sistemas coloidales bifásicos constituidos por un sólido disperso en el seno de un fluido. En este caso la denominación correspondiente es si el medio de dispersión es el agua; los hidrosoles pueden dividirse en dos grandes grupos: hidrosoles suspensoides e hidrosoles emulsoides.

Los hidrosoles suspensoides se caracterizan porque las partículas sólidas dispersas no tienen afinidad por el agua. En cambio, los hidrosoles emulsoides se caracterizan porque las partículas sólidas dispersas tienen una gran afinidad por el agua.

PROPIEDADES

Como los soles son sistemas bifásicos, su heterogeneidad se pone de manifiesto por el fenómeno Tyndall. Si se les observa por medio del ultramicroscopio, se aprecia que las partículas dispersas están sometidas al movimien-

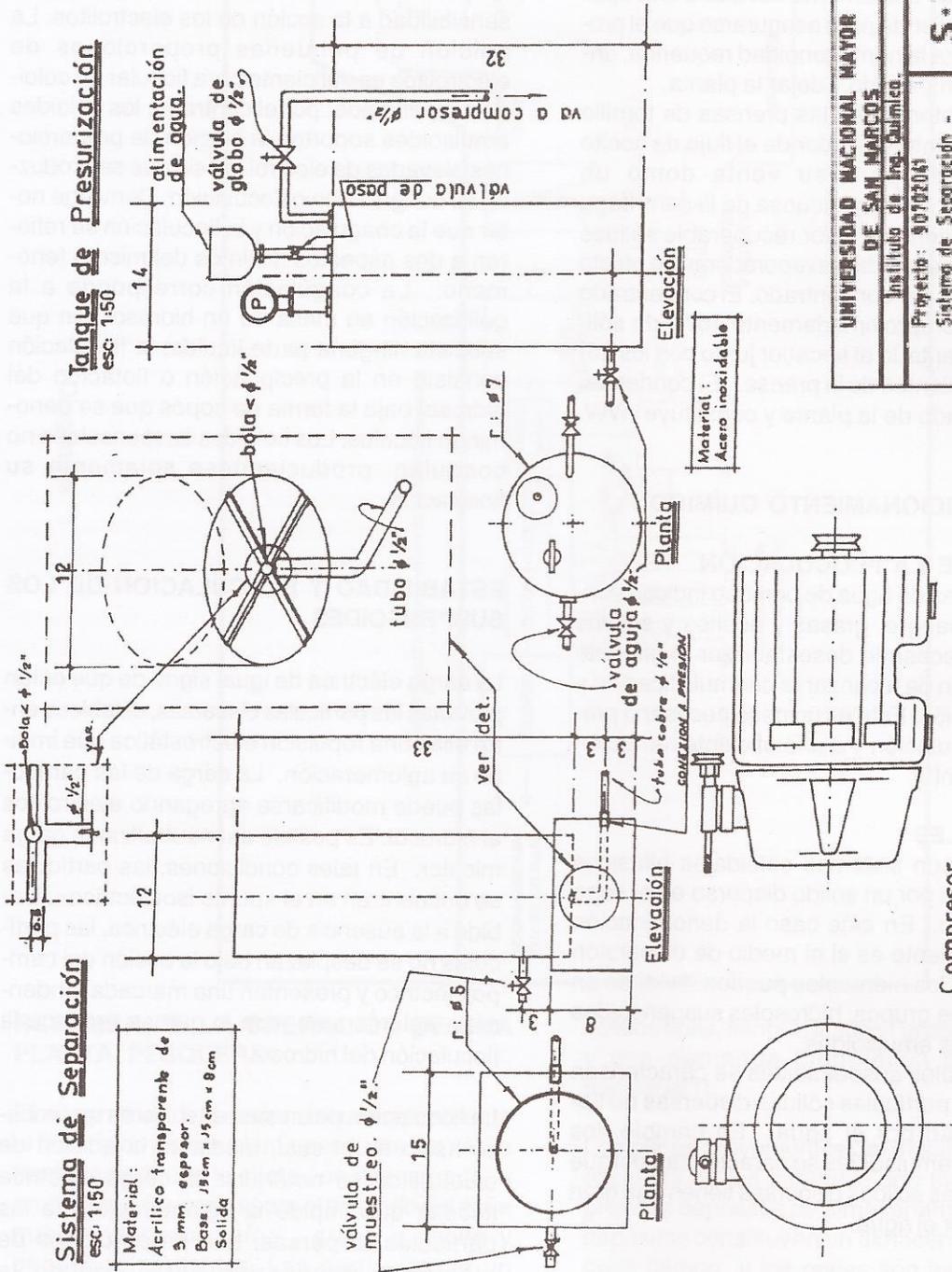
to browniano. Es posible verificar que las partículas dispersas se desplazan bajo la acción de un campo eléctrico, lo cual pone en evidencia que aquellas están eléctricamente cargadas.

Puede distinguirse fácilmente un coloide suspensoides de un coloide emulsoides por su sensibilidad a la acción de los electrolitos. La adición de pequeñas proporciones de electrolitos es suficiente para flocular un coloide suspensoides; por el contrario, los coloides emulsoides soportan la adición de proporciones elevadas de electrolitos sin que se produzca su coagulación o floculación. Conviene notar que la coagulación y la floculación se refieren a dos aspectos distintos del mismo fenómeno. La coagulación corresponde a la gelificación en masa de un hidrosol, sin que subsista ninguna parte líquida; la floculación consiste en la precipitación o flotación del hidrosol bajo la forma de copos que se denominan flóculos. Los coloides suspensoides no coagulan, produciéndose solamente su floculación.

ESTABILIDAD Y FLOCULACION DE LOS SUSPENSOIDES

La carga eléctrica de igual signo de que están provistas las partículas dispersas, establece entre ellas una repulsión electrostática que impide su aglomeración. La carga de las partículas puede modificarse agregando electrolitos al hidrosol. Es posible así neutralizar la carga micelar. En tales condiciones, las partículas se encuentran en el «punto isoelectrico». Debido a la ausencia de carga eléctrica, las partículas no se desplazan bajo la acción del campo eléctrico y presentan una marcada tendencia a aglomerarse, con lo que se produce la floculación del hidrosol.

La floculación de un suspensoides es un proceso físico en el cual, mediante la adición de electrolitos se neutraliza la carga eléctrica micelar que impide la aglomeración de las partículas dispersas. Las proporciones de electrolito necesarias para producir la floculación de un suspensoides, son muy reducidas. En el caso de la floculación de hidrosoles con partículas negativas, los cationes bi y trivalentes, son más activos que los cationes monovalentes.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	
Instituto de Ing. Química	
Proyecto: 90702041	
S.T	Sistema de Separación - Tanque de Presurización
Junio 1989	Proyectado por: Ing. Gilberto Salas C.
esc: 1:50	Responsable: Ing. Raúl Piaggio C.

Diagrama 2

INDICE DE FLOCULACIÓN

La actividad floculante de los electrolitos se expresa empíricamente por medio del «índice de floculación», el cual corresponde al número de milimoles de electrolito necesario para flocular un litro de hidrosol de trisulfuro de arsénico[3].

III. TEORIA DE LA SEPARACION

Este método consiste en generar microburbujas disolviendo aire en agua, para esto se debe contar con un tanque de presurización en el cual se comprime aire (a 100 psi) con agua, luego en la celda de flotación (sistema de separación) se vierte la muestra (efluente) con su respectiva dosificación de floculante, luego una despresurización violenta del tanque hacia la celda hace que el aire disuelto por el cambio brusco de presión se convierta en microburbujas los cuales hacen flotar a los flocúlos formados en la celda, teniendo luego una separación de dos fases: la fase sólida en la parte superior y la fase líquida en la parte inferior.

IV. DISEÑO DEL EQUIPO

RAZONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

La tratabilidad de las aguas residuales generados en la industria pesquera exige desarrollar equipo para determinar las condiciones del tratamiento para remover sólidos en suspensión, grasas, aceites y la demanda biológica de oxígeno asociado. El tratamiento del agua de bombeo apunta al uso del sistema de flotación por aire disuelto (DAF) como un método viable de tratamiento primario para la remoción de insolubles. El acondicionamiento químico para desestabilizar (coagular) es necesario para una efectiva separación con el DAF. El objetivo es alcanzar una remoción efectiva de sólidos finos en suspensión, grasas emulsificadas y libres, aceites, y así reducir la demanda biológica de oxígeno del agua de descarga al mar[4]. El sistema a construirse se presenta en el **diagrama 2**, donde se aprecia los tres componentes que conforman el equipo de tratamiento de efluentes:

El equipo consiste de tres unidades bien diferenciadas que son:

- 1 – Tanque de presurización
- 2 – Sistema de separación
- 3 – Compresor

1 – TANQUE DE PRESURIZACION:

Detalles de diseño del tanque de presurización:

- **Material** : Acero inoxidable.
- **Dimensiones** :
 - Altura = 37 cm.
 - Diámetro int. = 14 cm.
 - Espesor = Necesario para 100 psi.
- **Accesorios** :
 - Manómetro, con escala de 0 a 100 psi, ubicado en la parte superior del tanque de presurización.
 - Embudo, con su respectiva Válvula de compuerta, de 1/2 pulg. Para poder cargar el agua en el tanque de presurización.
 - Válvula de globo de 1/2 pulg. Para permitir la descarga de la mezcla aire-agua del tanque de presurización al sistema de separación. (**foto 1**)

2 – SISTEMA DE SEPARACION:

Detalles de diseño del sistema de separación:

- **Material** : Acrílico.
- **Dimensiones** :
 - Cuerpo de base :
 - Largo = 15 cm.
 - Ancho = 15 cm.
 - Altura = 8 cm.
- **Maquinados en base**:
 - Circuito interno para flujo de mezcla aire-agua:
 - Diámetro = 1/2 pulgada.
 - Longitud = 7 cm.
 - Canal superior para acoplar receptor de muestra:
 - Diámetro = 12.5 cm.
 - Profundidad = 2 cm.
- **Accesorios**:
 - Conexión-Unión universal de 1/2 pulg. Para conectar y desconectar, el sistema de separación y el tanque de presurización.
 - Válvula de globo de 1/2 pulg. Para permitir el ingreso de la mezcla aire agua del tanque de presurización al sistema de separación.

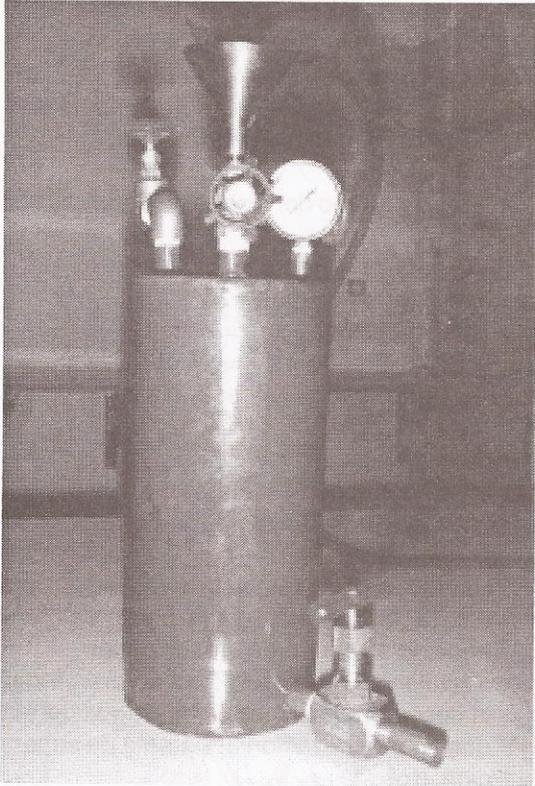


Foto 1. Tanque presurizador.

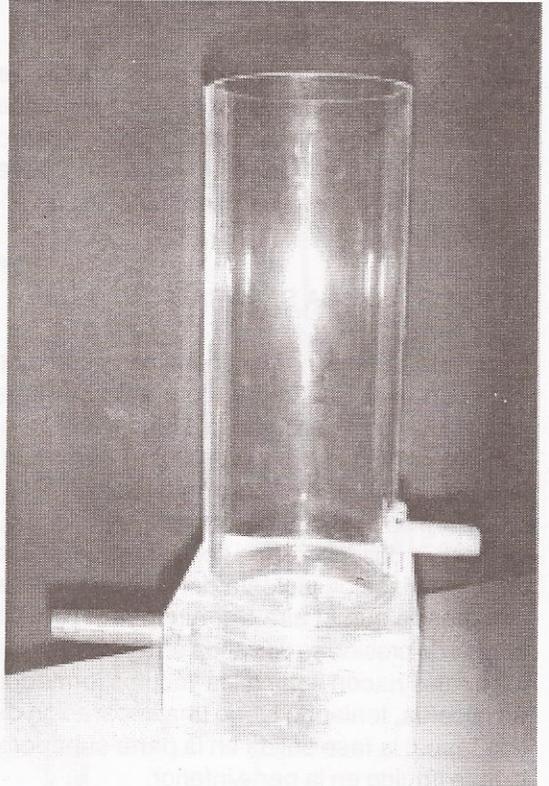


Foto 2. Tanque de separación de fases.



Foto 3. Sistema de Tratamiento de efluente.

•Receptor de muestra:

Dimensiones :

- Altura = 33 cm.
- Diámetro Interno = 12 cm
- Espesor = 3 mm.

•Accesorios:

- Válvula de globo de 1/2 pulg. Para extraer muestras tratadas de la parte inferior del receptor de muestras.
- Difusor del flujo de mezcla aire-agua de 1 pulg. de diámetro de forma circular y 3 mm.de espesor, el cual esta fijado, mediante cuatro soportes, en el centro del fondo del receptor de muestras y a 0.5 cm. por encima de la abertura de salida del circuito interno para flujo de mezcla aire-agua(foto 2).

3 – COMPRESOR

Detalles del equipo:

- Tipo :Monofásico-Directo-Diafrag.
- Marca :“Campbell”
- Potencia :3/4 H.P.
- Rango de Presión:0 – 100 psi.

Detalles de funcionamiento:

Proveer el aire comprimido necesario para alcanzar las condiciones ideales de presión de trabajo (100 psi.) en el tanque de presurización.

V. DESCRIPCION DEL CICLO OPERATIVO

El proceso operativo del equipo es de tipo batch o por lotes, por lo tanto, los procedimientos numerados y descritos a continuación, corresponden a una corrida experimental:

- a)Cerrar la válvula del compresor, abrir la válvula del embudo y cargar el agua hasta que se llene 1/3 del volumen del tanque de presurización para después volver a cerrar la válvula del embudo.
- b)Encender el compresor, abrir la válvula del compresor y mantenerla abierta hasta que la presión del sistema, (señalado por el manómetro) alcance 100 psi, luego volver a cerrarla y apagar el compresor.
- c)Cerrar la válvula del receptor de muestras y cargarlo con la muestra problema hasta que se llene 1/3 del volumen del mismo.
- d)Agregar la sustancia floculante a la muestra problema y abrir la válvula de globo del tanque de presurización violentamente, para per-

mitir el contacto de la muestra problema floculada con la mezcla presurizada aire-agua hasta que se consuma la provisión de ésta y luego cerrar la válvula de globo.

- e. Tomar muestras representativas del producto final obtenido, muestra problema floculada y tratada con mezcla aire-agua presurizada, de la parte superior (utilizando un cucharón de vidrio o plástico) y de la parte inferior abriendo la válvula globo situada en la misma zona.

VI. RESULTADOS

Como se puede observar en las fotografías del equipo después de la construcción (fotos 1 - 3) y haber realizado las pruebas necesarias para su funcionamiento, se demostró que el equipo estaba en condiciones de ser utilizado para el tratamiento de los efluentes líquidos.

VII.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El equipo respondió en forma eficiente en el tratamiento de efluentes de la industrias de harina de pescado.
- Es posible construir equipos para uso de laboratorio.
- Se recomienda utilizar materiales resistentes a la corrosión, para de este modo evitar su deterioro.
- Se recomienda seguir estrictamente las indicaciones para su funcionamiento.
- Se recomienda realizar el mantenimiento continuo a este equipo para lograr un funcionamiento efectivo.

Bibliografía

- [1] Cáceres, L. ; Salazar, J. ; Contreras, R. «Proceso de Flotación por aire Disuelto en el Tratamiento de Agua», Revista de Ingeniería Química, **XXVI**(303), 105 (1994)
- [2] Civit, E. M. ; Parin, M.A. ; Lupin, H.M. «Recovery of Protein and Oil from Fishery Floodwater Waste», Water Res. **16**, 809 (1982).
- [3] Villar, G.E. «Coloides», Impresora Ligu Montevideo Uruguay, 1963, págs. 2, 70-75, 183.
- [4] Catálogo Técnico de la Compañía EIMCO (BAKER HOUGHES COMPANY), comunicación privada, Salt Lake, UTAH USA, 1992