**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS**

**TESIS DOCTORAL**

# ESTUDIO DE SISTEMAS DE LIMPIEZA EN MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

**JOSÉ JAIME SADHWANI ALONSO**

Las Palmas de Gran Canaria, 1999

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

50/1998-99

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
UNIDAD DE TERCER CICLO Y POSTGRADO

Reunido el día de la fecha, el Tribunal nombrado por el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad, el/a aspirante expuso esta TESIS DOCTORAL.
Terminada la lectura y contestadas por el/a Doctorando/a las objeciones formuladas por los señores miembros del Tribunal, éste calificó dicho trabajo con la nota de SOBRESALIENTE CUM LAUDE

Las Palmas de Gran Canaria, a 21 de junio de 1999.

El/a Presidente/a: Dr. D. Aurelio Hernández Muñoz,

El/a Secretario/a: Dr.D. Sebastian Ovidio Pérez Báez,

El/a Vocal: Dr.D. Miguel Martínez Melgarejo,

El/a Vocal: Dr.D. José Rubio Bosch,

El/a Vocal: Dr.D. José Antonio Carta González,

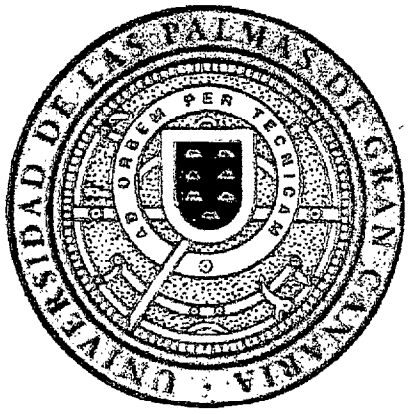
La Doctorando: D. José Jaime Sadhwani Alonso,

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

## DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
LAS PALMAS DE G. CANARIA
N.º Documento 190.528
N.º Copia 370.359




**PROGRAMA DE DOCTORADO: GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS**

## TESIS DOCTORAL

# ESTUDIO DE SISTEMAS DE LIMPIEZA EN MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

**Director: Dr. D. Jose Miguel Veza Iglesias**

**Codirector: Dr. D. Juan Emilio González González**

**Doctorando: José Jaime Sadhwani Alonso**

**1999**




© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Agradecimientos**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento y gratitud a todas aquellas personas y entidades que, de una u otra forma, han contribuído a la realización de ésta Tesis Doctoral.

Al Dr. D. José Miguel Veza Iglesias, Director de la misma, sin cuya inestimable labor de orientación, asesoramiento y paciencia no me habría sido posible llevarla a término.

A los compañeros de la Universidad que siempre han mostrado respeto y comprensión hacia mis horas de trabajo, en especial al Departamento de Ingeniería Eléctrica.

A mis amigos del Centro Informático y de Comunicaciones del Edificio de Ingenierías (C.I.C.E.I), por su incondicional apoyo.

A la empresa PRIDESA, sin cuyos medios e infraestructura no hubiera sido posible realizarla.

Finalmente quiero agradecer a mi familia la sorprendente capacidad de comprensión, ante mis imperdonables ausencias, desde aquí les doy un cariñoso abrazo y besos. Recuerdo especial a mi padre que siempre ha estado a mi lado.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Esto va por mi familia, gracias de todo corazón.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital. 2004

INDICE

Capítulo 1. Antecedentes. 5
1.1. Presentación. 5
1.1.1. Formación Académica. 5
1.1.2. Actividad Profesional. 5
1.2. Programas de Doctorado. 5
1.3. Trámites administrativos ante la Unidad del Tercer Ciclo y Postgrado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 6
1.4. Generación de la idea para la redacción de la presente Tesis Doctoral. 6
Capítulo 2. Situación de la Técnica. 9
2.1. Antecedentes históricos. 9
2.2. El estado del arte. 12
2.3. Proceso tecnológico: Ósmosis Inversa. 14
2.4. Modelos matemáticos. 18
2.4.1. Introducción: modelo generalmente aceptado 18
2.4.2. Modelo de solución difusión. 18
2.4.3. Polarización por concentración. 29
2.5. Parámetros de funcionamiento en una instalación de membranas de O.I. 33
2.6. Problemas de operación en una planta de O.I. 46
2.6.1. Condiciones de pretratamiento de una planta de O.I. 46
2.6.2. Consideraciones previas de diseño. 48
2.6.3. Principales pretratamientos contra el ensuciamiento 49
2.6.4. Métodos de pretratamiento contra el ensuciamiento cristalino 54
2.7. Limpieza de Membranas. 56
2.7.1. Limpieza por arrastre. 58
2.8. Factores que afectan al rendimiento de una membrana de O.I. 64
2.9. Referencias bibliográficas. 67
Capítulo 3. Objetivos Previos. 69
Capítulo 4. Revisión Bibliográfica. 71
4.1. Investigación bibliográfica. 71
4.2. Comentarios generales de la documentación recibida. 72
4.2.1. Documentación acerca del ensuciamiento en las membranas de O.I. 73
4.2.2. Acerca de limpiezas químicas en membranas de O.I. 76
4.2.3. Bibliografía comentada de libros, artículos técnicos y manuales especializados. 86
4.3. Frontera del conocimiento 87

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

4.4. Referencias bibliográficas ..... 88
Capítulo 5. Objetivos Definitivos ..... 95
5.1. Introducción ..... 95
5.2. Objetivos definitivos. ..... 95
Capítulo 6. Metodología ..... 97
6.1. Introducción ..... 97
6.2. Instalaciones usadas ..... 97
6.3. Instalación de pruebas. ..... 104
6.4. Características técnicas de los equipos. ..... 109
6.5. Instrumentación. ..... 112
6.6. Productos y reactivos químicos. ..... 113
6.7. Calibración de instrumentos. ..... 114
6.8. Esquema de funcionamiento de la instalación de pruebas ..... 114
6.9. Determinación del agente ensuciante y tipo de limpieza química. ..... 116
6.10. Metodología ..... 117
6.11. Secuencia metodológica. ..... 119
6.12. Planificación ..... 122
6.13. Normativas. ..... 125
Capítulo 7. Desarrollo de los Ensayos ..... 126
7.1. Introducción ..... 126
7.2 Condiciones que debían cumplir las membranas de O.I. ..... 126
7.3. Condiciones que debían cumplir la instalación de pruebas. ..... 127
7.4. Condiciones de funcionamiento en los ensayos. ..... 127
7.5. Registro de datos. ..... 128
7.6. Toma de muestras. ..... 129
7.7. Modelo de Estadillo de datos ..... 129
7.8. Criterios adoptados para anular los ensayos. ..... 130
7.9. Desarrollo del ensayo . ..... 130
7.10. Cuaderno de resultados ..... 131
Capítulo 8. Análisis de resultados y modelización matemática. ..... 132
8.1. Introducción ..... 132
8.2. Discusión de los resultados ..... 132
8.2.1. Bloque nº1: Relativo al comportamiento individualizado. ..... 132
8.2.2. Bloque nº2: Relativo al comportamiento de cada uno de los agentes de limpieza frente a la dosificación. ..... 142
8.3. Modelización matemática. ..... 143
Capítulo 9. Conclusiones y Sugerencias. ..... 146

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

9.1. Introducción..... 146
9.2. Conclusiones..... 148
9.3. Sugerencias..... 150

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 1. Antecedentes

1.1. Presentación.

1.1.1. Formación Académica.

1.1.2. Actividad Profesional.

1.2. Programas de Doctorado

1.3. Trámites administrativos ante la Unidad del Tercer Ciclo y Postgrado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

1.4. Generación de la idea para la redacción de la presente Tesis Doctoral

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 1. Antecedentes.

## 1.1. Presentación.

El objetivo de este capítulo es el proporcionar al lector una información resumida con respecto a la semblanza del autor y a las circunstancias que dieron pie al inicio de esta Tesis Doctoral. Espero que esta introducción aclare algunos de los interrogantes que se puedan plantear al comenzar la lectura de este documento y que a su vez, sea un complemento de ayuda a la hora de analizar el contenido de los diversos capítulos que integran la presente Tesis Doctoral.

### *1.1.1. Formación Académica.*

Estudios universitarios realizado en la Universidad Politécnica de Las Palmas. Titulación académica de Ingeniería Industrial, especialidad Química (1986).

### *1.1.2. Actividad Profesional.*

Profesor asociado a tiempo parcial desde 1991 y a tiempo completo desde 1997, adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

## 1.2. Programas de Doctorado.

Durante el bienio 1987-89, realicé el Programa de Doctorado del Departamento de Ingeniería de Procesos, denominado "Ingeniería de Desalación", dirigido por el profesor Dr. D. Antonio Gómez Gotor.

Posteriormente en el año 1993, solicité la convalidación de los Cursos de Doctorado ya realizados por los del Programa de Doctorado "Gestión y Tratamiento de Residuos Tóxicos y Peligrosos" del Departamento de Ingeniería de Procesos cuyo Director de Programa es el Dr. D. Juan Emilio González González.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Alguno de los cursos de Doctorado realizados tienen incluso una conexión directa con esta Tesis Doctoral, citando por ejemplo los siguientes:

- Desalación por Ósmosis Inversa.
- Pretratamientos en O.I.

## 1.3. Trámites administrativos ante la Unidad del Tercer Ciclo y Postgrado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Con fecha 4 de Marzo de 1997 tramité la solicitud de registro de la Tesis Doctoral, con título provisional "Estudio de Sistemas de Limpieza en Membranas de Ósmosis Inversa" y Directores la misma los Dres. D. José Miguel Veza Iglesias y D. Juan Emilio González González.

En la Comisión de Doctorado del Departamento de Ingeniería de Procesos, celebrada con fecha 8 de Julio de 1997 se acordó aprobar lo anteriormente explicitado, dentro del Programa de Doctorado "Gestión y Tratamiento de Residuos Tóxicos y Peligrosos".

## 1.4. Generación de la idea para la redacción de la presente Tesis Doctoral.

Una vez finalizados los Cursos de Doctorado en el Programa de "Ingeniería de Desalación", estuve trabajando profesionalmente desde finales de 1988 a 1997 en el sector de aguas, con la empresa "Proyectos e Instalaciones de Desalación S.A", en adelante PRIDESA, cuya actividad es la diseño, construcción, montaje, puesta en marcha, gestión y explotación de plantas de tratamientos de aguas. Dicha empresa en Canarias, comenzó su actividad con la obra adjudicada por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte denominada "Planta Desaladora de agua de mar Las Palmas III", con tecnología de desalación de membranas de ósmosis inversa, la cuál empezó a funcionar entre Octubre de 1989 y Marzo de 1990.

La capacidad de producción de la instalación era de 36000 $m^3$/día, lo que la caracterizaba en su momento como una de las plantas mayores del mundo, con la tecnología de membranas. En los años siguientes 1992 y 1994 se le adjudicó a ésta empresa, la construcción, montaje y puesta en marcha así cómo de la gestión y explotación de las Plantas Desaladora de agua de mar del Sureste de Gran Canaria y de Arucas-Moya, respectivamente. La primera de ellas con una capacidad de producción de 10000 $m^3$/día y la segunda de 4000 $m^3$/día.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

El número de membranas de ósmosis inversa para agua de mar instaladas en el conjunto de las tres instalaciones ascendía a la cifra importante de 6098 unidades para producir 50000 $m^3$/día de agua desalada en su conjunto.

La configuración de las membranas utilizada era de arrollamiento en espiral (spiral-wound) y el rendimiento de las mismas dependía de varios factores, tales cómo el factor de conversión de la instalación, el tipo de captación de agua bruta de mar, su salinidad, su temperatura, el pretratamiento, etc.

Incluso también habría que mencionar la operación de dichas instalaciones así como su mantenimiento. En ése sentido, una vez que las membranas se ensucian hay que llevar a cabo un procedimiento de limpieza con objeto de restablecer sus parámetros de rendimiento.

La tasa promedio de reposición de membranas depende fundamentalmente del origen de la captación del agua, el pretratamiento, la temperatura, la frecuencia de limpiezas y finalmente de los productos químicos empleados.

Es muy frecuente en las instalaciones con membranas minorar su tasa de reposición, mediante la corrección de los factores anteriormente mencionados.

Concretamente en la Instalación Desaladora Las Palmas III, el factor negativo de mayor relevancia era la elevada frecuencia de las limpiezas químicas de las membranas, afectadas por un ensuciamiento de tipo orgánico.

Por tanto el origen para la redacción de la presente Tesis Doctoral surge como consecuencia de la necesidad de reducir la tasa de reposición de las membranas instaladas, disponiendo a mi alcance tanto medios como infraestructura para llevar a cabo las experiencias en condiciones reales de funcionamiento.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 2. Situación de la Técnica.

2.1. Antecedentes históricos.

2.2. El estado del arte.

2.3. Proceso tecnológico: Ósmosis Inversa.

2.4. Modelos Matemáticos.

2.4.1. Introducción: modelo generalmente aceptado.

2.4.2. Modelo de solución difusión.

2.4.3. Polarización por concentración.

2.5. Parámetros de funcionamiento en una instalación de membranas de O.I.

2.6. Problemas de operación en una planta de O.I.

2.6.1. Condiciones de pretratamiento de una planta de O.I.

2.6.2. Consideraciones previas de diseño.

2.6.3. Principales pretratamientos contra el ensuciamiento.

2.6.4. Principales pretratamientos contra el ensuciamiento cristalino.

2.7. Limpieza de membranas.

2.7.1. Limpieza por arrastre

2.8. Factores que afectan al rendimiento de una membrana de O.I.

2.9. Referencias Bibliográficas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 2. Situación de la Técnica.

## 2.1. Antecedentes históricos.

El fenómeno de la ósmosis fue descubierto por J.A. Nollet, cuyos trabajos sobre la difusión a través de membranas animales fueron publicados en 1748. Más de cien años después, en 1867, Traube realizó las primeras experiencias con membranas fabricadas artificialmente.

Las primeras medidas cuantitativas fueron realizadas en 1877 por Pfeffer (1), quien utilizó una membrana obtenida precipitando ferrocianuro de cobre sobre una porcelana porosa. Este tipo de membranas fue muy utilizado a lo largo de las ocho décadas siguientes para investigar las presiones osmóticas de multitud de soluciones. La mayor parte de éstos trabajos fueron realizado por H.N. Morse (2) junto con sus colaboradores de la Universidad Johns´Hopkins, así cómo E.G.J. Hartley (3) en Inglaterra. A Findlay (4) recopiló una gran parte de los trabajos realizados sobre la ósmosis.

Las primeras explicaciones teóricas sobre el fenómeno fueron dadas por Van´t Hoff (5), quien, partiendo de los resultados obtenidos por Pfeffer, elaboró la teoría de las soluciones diluidas.

Con el desarrollo de la termodinámica como disciplina científica, J.W. Gibbs aportó una base científica para entender los fenómenos osmóticos y su relación con otras propiedades termodinámicas. Todas estas teorías se completaron alrededor de los años 1920. A partir de ésta fecha, la ósmosis, salvo en lo relativo a los fenómenos biológicos, quedó relegada a una mera curiosidad sirviendo solo como un ejemplo del poder del razonamiento termodinámico.

A partir del año 1959, con la puesta a punto por Loeb y Sourirajan (6) de membranas semipermeables de acetato de celulosa, con un alto grado de selectividad, renace el interés por la ósmosis. La meta científica será obtener una membrana capaz de desalar aguas salobres e incluso agua de mar.

A partir del año 1962, en la Universidad de Los Angeles, California (UCLA), se construyen y ensayan las primeras plantas piloto. S. Loeb y F. Milstein (7) recogen los resultados obtenidos con una planta piloto capaz de producir 2 $m^3$/día de agua desalada. En



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

1965 la misma Universidad construyó otra planta para producir 20 $m^3$/día de agua potable a partir de agua salobre de 2500 ppm de salinidad. El 4 de Junio de 1965 el agua suministrada por la planta se incorpora a la red de agua potable de la ciudad de Coalinga (California). Se trata de la primera planta del mundo que suministra agua potable con este proceso.

En paralelo con estas investigaciones, empresas como Havens Industries, de San Diego (California), American Radiato & Standard Sanitary Corporation, de New Bruns Wich (New Jersey), Universal Water Corporation, de Del Mar (California), Aerojet – General Corporation de Azusa (California), Gulf General Atomic Inc., de San Diego (California), diseñaron distintos tipos de módulos y plantas piloto que iba desde 1,25 $m^3$/día (Havens Industries), hasta 200 $m^3$/día (Aerojet-General Corporation).

A finales de la década de los sesenta, las diversas sociedades optimizaron el diseño (materiales, configuración, etc..) de los diferentes módulos de ósmosis inversa, apareciendo a comienzos de la década de los 70 las primeras realizaciones industriales de cierto tamaño.

Los módulos comerciales tienen su origen a partir del descubrimiento de la membrana de acetato de celulosa asimétrica, por Loeb & Sourirajan en 1962, en la que se desarrollan dos prototipos:

1) La membrana de poliamida aromática con soporte microporoso de polisulfona, por Cadotte en 1967, cuya patente es adquirida por diversas firmas comerciales para nuevos desarrollos, cómo es el caso de Fluid Systems (modelo NS-100) en 1972, Toray Industries en 1973 con el modelo NS-200, y finalmente los modelos NS-300 y FT-30 de Filmtec Corporation en 1977 y 1978, respectivamente.

2) La membrana de poliamida aromática de fibra hueca patentado por la firma Dupont en 1970.

La tecnología de la desalación por ósmosis inversa (en adelante se utilizará la abreviatura O.I.) se ha desarrollado enormemente en la última década, cuando se trata de obtener agua potable a partir de agua de mar. Esta tecnología se ha implantado en la gran mayoría de las plantas desaladoras existentes en el ámbito de la Comunidad Canaria, sirviendo de modelo básico para su posterior desarrollo en territorio peninsular.

En la actualidad, más de las dos terceras partes de las plantas de desalación instaladas en Canarias, utilizan la tecnología de ósmosis inversa.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En el proceso tecnológico de la ósmosis inversa, se utilizan las membranas semipermeables, las cuales funcionan cuando se les hace pasar agua de mar o salobre por encima de la presión osmótica en un recipiente ó caja de presión.

El avance experimentado por la O.I. en los últimos años ha permitido incorporar nuevos diseños de líneas de producción con mejores rendimientos.

Cabe destacar, por ejemplo, el uso de los variadores electrónicos de frecuencia para el control de la velocidad de los motores de las bombas de captación del agua de mar, o también los nuevos sistemas empleados en la recuperación de energía proveniente de la salmuera.

En cuanto a las membranas, se ha dado otro hito importante, ya que se les ha dotado de mayor superficie de filtración y por tanto de mayor productividad sin que ello repercuta negativamente en el rechazo de sales. A esta nueva gama se la conoce como membranas de última generación.

Sin embargo, uno de los principales inconvenientes con que nos encontramos en las instalaciones con membranas es mantenerla dentro de unos parámetros de funcionamiento según las características de cada fabricante. Sin embargo cuando las condiciones del agua de mar o salobre varían respecto a las condiciones de diseño, las membranas se ensucian y se colmatan generando dos consecuencias negativas: la primera es un claro empeoramiento de la calidad del agua desalada, medida por el parámetro de sólidos disueltos totales (STD); la segunda es una merma de productividad en el caudal de agua desalada.

Ante una membrana sucia, fuera de tolerancia, cabe esperar una restauración para obtener los valores primitivos de funcionamiento, ello se consigue con limpiezas químicas de las mismas. En caso contrario, sólo queda la reposición por otras nuevas. La tasa de reposición o de reemplazamiento de las membranas es un factor económico importante, que lógicamente dependerá de la vida útil de la membrana, de la calidad del agua de alimentación, del pretratamiento físico – químico, de la frecuencia de las limpiezas químicas, etc.

Cualquier limpieza química de membranas genera un gasto económico al explotador de la instalación debido al consumo de reactivos de limpieza, la merma de producción, el coste eléctrico del término de potencia, etc...

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La frecuencia de las limpiezas químicas en las instalaciones con membranas es un índice cuantitativo de la eficacia o ineficacia del pretratamiento adoptado, de la operación de la propia planta, del método de limpieza elegido, etc...

Una manera de disminuir la frecuencia de limpieza en una instalación es actuar con medidas correctoras, siempre que sea posible.

Cuando ocurre lo contrario, es necesario actuar sobre los procedimientos de limpieza con objeto de optimizarlos y alargar de esa forma la vida útil de la membrana.

Además los productos químicos utilizados en las limpiezas químicas son variados y diversos, con un amplio espectro de operación en función de la temperatura, pH, etc. El desconocimiento de éste tipo de acción puede afectar de manera muy importante al rendimiento de la membrana de ósmosis inversa, provocando inclusive la degeneración irreversible de la misma.

Bibliografía:

(1) Pfeffer, "Osmotische Untersuchen", Leipiz, 1877
(2) Morse, H.N, "The osmostic pressure of aqueous solutions", The Carnegie Institute of Washington, Washington, 1914.
(3) Berkeley, Eare of & E.G.J.Hartley, Proc.Roy, Soc. London, A73, 436 (1903), A78 68 (1906)
(4) Findlay A."Osmotic Pressure". Longmans, Green & Co, New York, 1913.
(5) Van't Hoff, Z, "Physic Chem", 1, 481, 1887.
(6) Loeb, S & Sourirajan S, "Advan.Chem.Serv", 38, 117 (1962).
(7) Loeb, S, UCLA Department of Engineering Report 66-1, (1966)

## 2.2. El estado del arte.

El estado del arte en ósmosis inversa y sus unidades de procesos asociados han progresado rápidamente en los últimos tiempos. La mayoría de los fabricantes de equipos de ósmosis inversa han empezado a estandarizar sobre sus diseños dando como resultado grandes mejoras en la eficiencia del sistema. La contribución de factores añadidos en el agua de alimentación ha permitido el desarrollo y estudio posterior del tratamiento químico en el agua de alimentación. En ausencia de éstos factores, los ingenieros especializados en ósmosis inversa



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

pueden predecir una òptima operación evitando las incrustaciones y el ensuciamiento en las membranas.

No obstante el ensuciamiento que se produce en la superficie en la membrana, se debe al alto contenido de sólidos en suspensión existente en el agua de alimentación, ello conlleva a encarecer el coste del metro cúbico del agua desalada por la incorporación de equipos de pretratamiento, que permita mejorar la calidad del agua bruta. Este ensuciamiento origina una pérdida de productividad y un empeoramiento en la calidad del agua permeada, como consecuencia de que las partículas en suspensión se depositan sobre la capa activa de la superficie de la membrana, de manera que se produce un flujo irregular.

Varios métodos de limpieza química se han desarrollado para eliminar el ensuciamiento de la superficie de la membrana. Teóricamente si la limpieza es adecuada aunque la frecuencia, de la misma sea alta, el sistema de ósmosis inversa podría operar satisfactoriamente con un agua de alimentación normalmente considerada inaceptable. No obstante, una rutina de éste estilo nos llevaría a unas limitaciones. Los agentes químicos de limpieza son productos caros, su manipulación debe contemplar los riesgos inherentes tanto en los productos sólidos como líquidos, además de que se deben almacenar en condiciones idóneas. El consumo de soluciones de limpieza puede originar un problema de medioambiente en la eliminación de los desechos del vertido.

Por último, la eficacia de las soluciones de limpieza química va aparejada con el período de contacto de dicha solución con la membrana, que normalmente suele ser de una a cuatro horas. Si además tenemos en cuenta, que posteriormente a la solución de limpieza química es necesario y recomendable el enjuague con agua osmotizada para asegurarse de que no quedan residuos de productos químicos de limpieza en la superficie de la membrana, durante un período de tiempo adicional. Por tanto, hay que tener en cuenta que durante cinco o seis horas, el equipo de producción de agua potable se halla fuera de servicio repercutiendo en el costo del metro cúbico.

La frecuencia de limpieza química a las que se pueden someter a las membranas, dependerá de las condiciones de resistencia de las mismas y de la agresividad de dichos productos químicos que pudieran degradar progresivamente la capa activa de la membrana.

No obstante, se sobreentiende que una frecuencia grande de limpiezas químicas no es demasiado bueno para las mismas, ni tampoco para la instalación debido al encarecimiento en el



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

coste del metro cúbico y la merma de producción de agua potable: podría ser interesante estudiar nuevas técnicas que mejoren los métodos de limpieza para poder minimizar los efectos perjudiciales, máxime aún teniendo en cuenta el volumen actual de membranas de ósmosis inversa instaladas en el mundo.

## 2.3. Proceso tecnológico: Ósmosis Inversa.

La Osmosis Inversa (O.I.) es un proceso que utiliza fuerza motriz como fuente de energía y funciona a temperatura ambiente (por debajo de 40ºC), en contraste con la destilación, que opera en un rango de temperaturas entre 60ºC y 116ºC. En la Osmosis Inversa, una fracción del contenido en agua pura del agua de mar o del agua salobre es conducida bajo presión a través de una membrana semipermeable, generalmente construida basándose en materiales orgánicos. Como el propio nombre indica, la presión aplicada al agua de alimentación debe exceder la presión osmótica de la salmuera. Como regla práctica, la presión osmótica de una solución de Cloruro Sódico expresada en psi es del orden del 1% de la concentración de sales, expresada en partes por millón o mg/l. Ver figura 1.

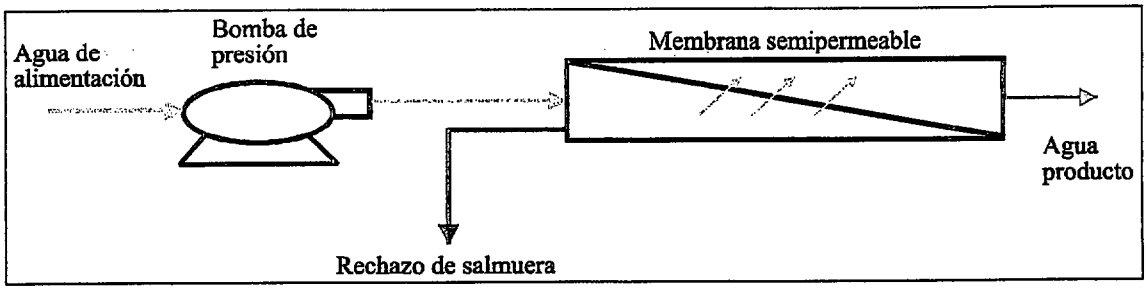



Fig. 1. Desalación por Osmosis Inversa

En los procesos de destilación, el vapor que se condensa está formado por prácticamente agua pura, contaminada sólo por gotas salinas arrastradas en el proceso de evaporación. En cambio, incluso en la membrana de Osmosis Inversa más perfecta, existe un balance dinámico entre el flujo de las moléculas de agua pura y la difusión de iones inorgánicos. Esto permite un amplio rango de paso de sales, definido como la relación del contenido en sales en el producto al contenido de sales de la alimentación. Este paso de sales y el flujo de agua por unidad de superficie de la membrana puede controlarse a través de la composición de la membrana y la técnica de fabricación de la misma.

Los materiales más frecuentemente usados para la fabricación de las membranas son el Acetato de celulosa (con diversas relaciones de Tricetato y Monoacetato), Poliamidas y



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Polisulfonas. Los diseños más normales entre los actualmente existentes en el mercado son los de membranas planas, arrollamiento en espiral y fibra hueca. Cada uno de ellos está pensado para conseguir una instalación más compacta, disminuir los costes de inversión y maximizar la superficie de membrana contenida en un recipiente de presión.

En el primer diseño (membranas planas), las membranas están con forma plana, colgadas verticalmente de un soporte y separadas una de otra por un espacio tal que permite el flujo de los líquidos en juego, a través de ellas. Los "platos" finales, accionados por émbolos hidráulicos, mantienen la estanqueidad a semejanza de un filtro de presión.

En el diseño de arrollamiento en espiral, como su propio nombre indica, las membranas se arrollan alrededor de un tubo perforado, quedando separadas entre ellas por una especie de malla que provoca la turbulencia necesaria en la superficie de las membranas. Los "sandwiches" así formados permiten que al circular el agua de alimentación a través de ellos, se separa el agua pura, siendo recogida en el tubo central como agua producto. El concentrado que sale por el extremo de la espiral puede ser descargado, o bien ser aún más concentrado en otro conjunto de membranas, antes de ser descargado como salmuera.

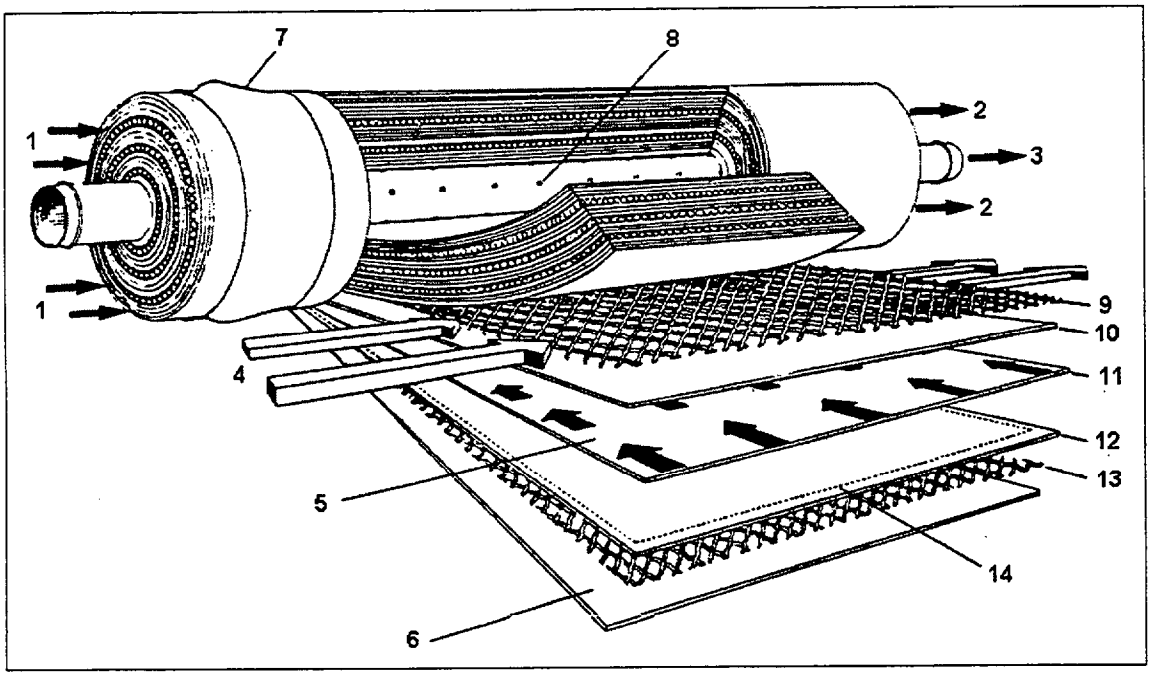



Fig. 2. Cortesía de "Reverse Osmosis Membrane Module (Spiral Wound Concept)". U.S. Dept. of the Interior, Office of Saline Water, Research & Development Progress. Report nº 338. March 1968.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La leyenda es:

1.- Agua Bruta
2.- Rechazo
3.- Salida de permeado
4.- Sentido de flujo de agua bruta.
5.- Sentido de flujo de permeado.
6.- Material de Protección.
7.- Junta de estanqueidad entre módulo y envolvente.
8.- Perforaciones de recogida de permeado.
9.- Espaciador
10.- Membrana.
11.- Colector de Permeado.
12.- Membrana.
13.- Espaciador.
14.- Línea de soldadura de las dos membranas.

En el tercer diseño de los señalados, al material de la membrana se le da forma de fibra hueca, con un espesor como el de un cabello humano. Los extremos de las fibras así formadas son sellados con resina, y el dispositivo resultante se coloca en un recipiente de presión tubular. Cuando el agua de alimentación presurizada entra en cada uno de los tubos, el agua pura se separa, fluyendo a través de las paredes de las fibras hacía un capilar central, donde se recoge como agua producto, mientras que la mayor parte de la materia disuelta, orgánica e inorgánica, permanece en el concentrado y es descargada como salmuera.

Los principales problemas con los que se encuentran el diseñador y el explotador de una planta de Osmosis Inversa son los derivados del riguroso control que ha de hacerse del tratamiento químico del agua de alimentación, ya que caso contrario la vida de las membranas pueden verse disminuida notablemente sobre lo que es normal (entre 3 y 5 años). Los consumos energéticos son muy inferiores a los de las plantas de destilación, especialmente cuando se recupera la energía de presión contenida en la salmuera, al ser rechazada por las membranas a través de una turbina hidráulica. Estos consumos varían con la calidad del agua de alimentación, siendo mayores a medida que disminuye la misma. Así por ejemplo, para el agua de mar, se consiguen consumos de 6.5 $kWh/m^3$ con turbina hidráulica de recuperación, mientras que sin ella, el consumo sube a unos 8 ó 9 $kWh/m^3$. Para aguas salobres, estos consumos son evidentemente menores. En la figura 3 puede verse un esquema de una planta típica de Osmosis Inversa.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

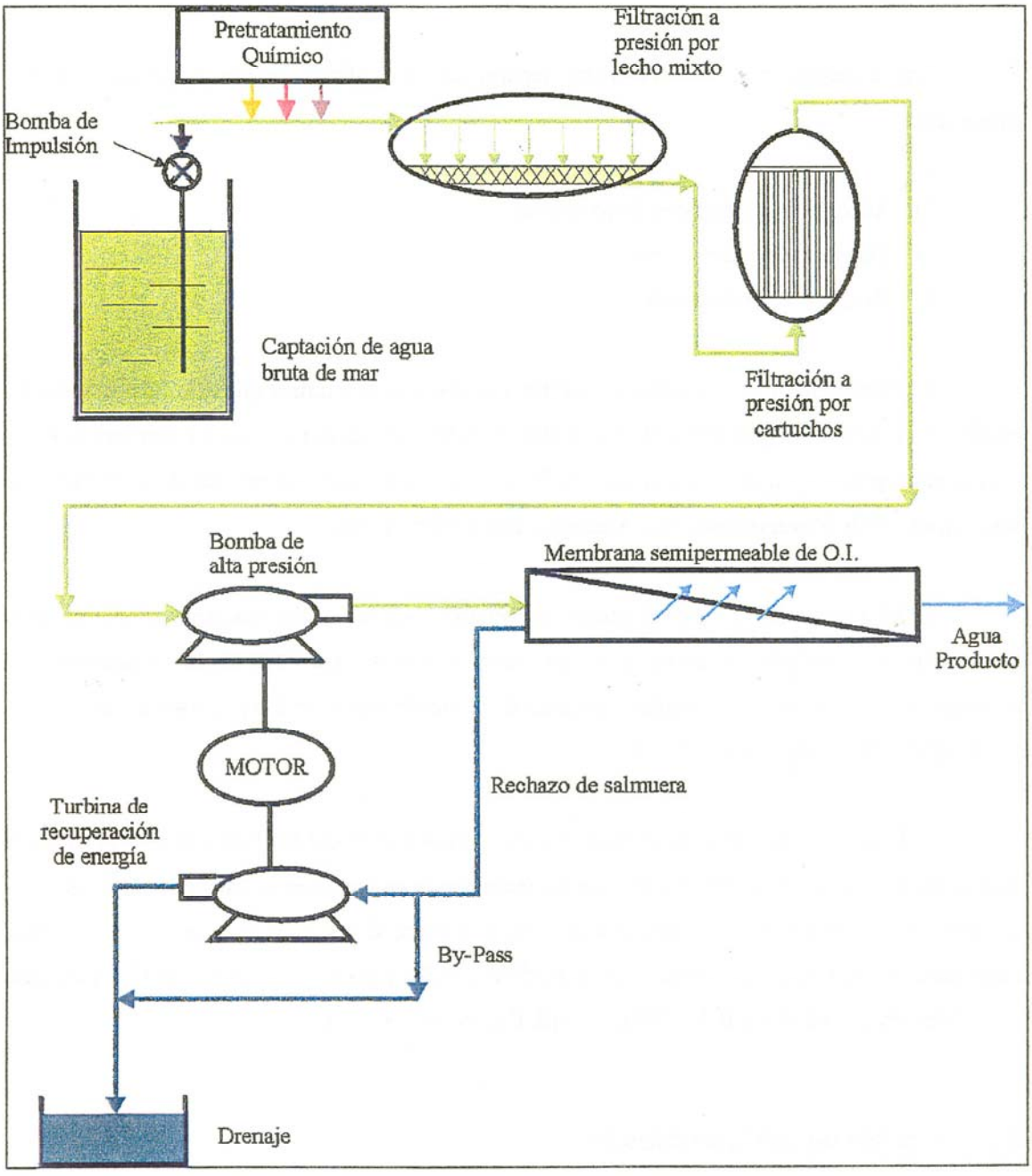



Fig.3. Diagrama del Proceso de Osmosis Inversa para Desalación de Agua de Mar

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 2.4. Modelos matemáticos.

### *2.4.1. Introducción: modelo generalmente aceptado*

Los modelos matemáticos para separación de solutos puede agruparse en tres categorías:

1) Adsorción preferencial/flujo capilar.
2) Termodinámica irreversible.
3) Difusión de la solución.

1) El modelo de flujo capilar de sorción preferencial nos indica que el soluto se mueve a través de la membrana por difusión, advección o ambas; considerando que la membrana es un medio microporoso y que la separación es función de la química superficial de la membrana. Sourirajan, 1970, Reverse Osmosis, Academic Press, New York.

2) El modelo de la termodinámica irreversible toca las líneas maestras generales de la separación de membrana y penetran en los mecanismos subyacentes de la separación. Sin embargo no cuentan en la estructura específica de la membrana ni en los procesos de transporte. L. Onsager, 1931, Phys. Rev, 37:405.

3) El modelo de solución difusión propuesto por Lonsdale, Merten y Riley describen el transporte de soluto y solvente a través de las membranas en términos de las afinidades relativas de estos componentes para la membrana y su transporte difusivo por el interior de la fase membrana. Es el modelo generalmente aceptado por todos para su aplicación a la O.I. Lonsdale H.K., Merten U. and Riley R.L., 1965, J Appl. Polym. Sci, 9:1341.

### *2.4.2. Modelo de solución difusión.*

Consideremos un sistema isotermo constituido por una membrana, bañada por sendas disoluciones acuosas, bien agitadas, de un electrolito binario, y a cuyo través se establece un gradiente de potencial electroquímico. Las especies químicas presentes, aparte de la propia membrana, son tres: las dos especies iónicas del electrolito binario (1: catión; 2: anión), y el disolvente (3). En este caso, la ecuación (2.4-1) se puede escribir de la forma siguiente:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\Phi = T\sum_{i=1}^{3} J_i X_i \qquad (2.4\text{-}1)$$

con $X_i = -\Delta\tilde{\mu}_i = -\left[\tilde{v}_i \Delta P + z_i F \Delta\Psi + RT\Delta \ln a_i\right]$ donde $J_i$ es el flujo de la especie i-ésima respecto de la membrana, y $\Phi$ es la llamada **función disipación** que se define como $\Phi = T(dS_{int} / dt)$.

Supongamos que se trata de una membrana selectiva de carga positiva. Esto implica que los aniones (2), serán transferidos con más facilidad, y dentro de la membrana se tendrá un exceso de éstos respecto de los cationes (1), de manera que el flujo de aquellos será mayor que el de éstos: $J_2 > J_1$. De este modo, podemos escribir:

$$J_2 = J_2^* + J_2^{**}$$

siendo $J_2^*$ el exceso de flujo aniónico respecto del flujo salino, debido a la carga eléctrica de la membrana.

Para un electrolito binario genérico de fórmula estequiométrica

$$A_{v-}C_{v+} = A_{z+}C_{z-}$$

donde A y C representan, respectivamente, el anión y el catión, siendo $v_i(i = +,-)$ sus números estequiométricos, y $z_i(i = +,-)$ sus correspondientes valencias, cada molécula de sal transportada a través de la membrana, implica el transporte de $z_+$ iones-gramo del anión, y $z_-$ iones-gramo del catión. Por otra parte, la neutralidad eléctrica de la sal requiere que

$$v_- z_- + v_+ z_+ = 0$$

Para el flujo salino, $J_s$, se tendrá:

$$J_S = \frac{J_1}{v_+} = \frac{J_2^{**}}{v_-} \Rightarrow J_2^{**} = \frac{v_-}{v_+} J_1$$

y así, para el flujo aniónico total se sigue que



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$J_2 = J_2^* + \frac{v_-}{v_+} J_1$$

A tenor de las expresiones anteriores para los diferentes flujos, la ecuación (2.4-1) se puede escribir en la forma:

$$\frac{\Phi}{T} = -\sum_{i=1}^{3} J_i \Delta\tilde{\mu}_i = -\left[\frac{v_+}{v_+} J_1 \Delta\tilde{\mu}_1 + \frac{v_- J_1}{v_+} \Delta\tilde{\mu}_2 + J_2^* \Delta\tilde{\mu}_2 + J_3 \Delta\tilde{\mu}_3\right]$$

$$\Phi/T = -J_S\left[v_+ \Delta\tilde{\mu}_1 + v_- \Delta\tilde{\mu}_2\right] - J_2^* \Delta\tilde{\mu}_2 - J_3 \Delta\mu_3 \qquad \textbf{(2.4-2)}$$

donde se tuvo presente el carácter eléctricamente neutro del disolvente (3), por lo que $\tilde{\mu}_3 = \mu_3$: Por otra parte, habida cuenta de la condición de neutralidad eléctrica de la sal

$$\begin{aligned} &\left[v_+ \Delta\tilde{\mu}_1 + v_- \Delta\tilde{\mu}_2\right] = v_+ \Delta\mu_1 + v_- \Delta\mu_2 + F\Psi_m\left(z_+ v_+ + z_- v_-\right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[v_+ \Delta\tilde{\mu}_1 + v_- \Delta\tilde{\mu}_2\right] = v_+ \Delta\mu_1 + v_- \Delta\mu_2 = \Delta\mu_S \end{aligned} \qquad \textbf{(2.4-3)}$$

siendo $\mu_S$ el potencial químico de la sal.

Si tenemos ahora en cuenta que, la corriente neta transportada a través de la membrana se debe exclusivamente a los aniones, cuyo flujo excedente es de $J_2^*$ iones-gramo por unidad de tiempo y unidad de área, y como cada ion-gramo comporta una carga $z_- F$,, la carga total transportada en la unidad de tiempo, por unidad de área de membrana, es:

$$I = z_- F J_2^*$$

con lo que el término correspondiente a $J_2^*$ en (2.4-2), queda en la forma:

$$J_2^* \Delta\tilde{\mu}_2 = I \frac{\Delta\tilde{\mu}_2}{z_- F} \qquad \textbf{(2.4-4)}$$

Además:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\Delta\tilde{\mu}_2 = RT \ln \frac{a_2^{(2)}}{a_2^{(1)}} + z_F\Delta\Psi_m$$

habiendo despreciado el término relativo a la diferencia de presión, debido al pequeño valor del volumen molar parcial de los solutos, y donde el subíndice de la actividad hace referencia a la especie iónica en consideración (2=aniones), y el superíndice a la fase en contacto con la membrana a la que se refiere la actividad, siendo $\Delta\Psi_m$ la diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana. Si la medida de este potencial se efectúa con electrodos selectivos al anión, habrá que tener presente que la medida directa que éstos proporcionan, $\Delta\Psi_N$, por lo que:

$$\Delta\Psi = \Delta\Psi_m + \Delta\Psi_N = \Delta\Psi_m + \frac{RT}{z_F} \ln \frac{a_2^{(2)}}{a_2^{(1)}} = \frac{\Delta\tilde{\mu}_2}{z_F}$$

lo que llevado a (2.4-4) da

$$J_2^* \Delta\tilde{\mu}_2 = I\Delta\Psi \qquad \textbf{(2.4 - 5)}$$

Las ecuaciones (2.4-3) y (2.4-5), conducen finalmente a la siguiente expresión para la función disipación

$$\Phi/T = -J_s\Delta\mu_S - I\Delta\Psi - J_3\Delta\mu_3 \qquad \textbf{(2.4 - 6)}$$

que nos muestra los flujos en presencia (salino, de corriente y de disolvente) y sus respectivas fuerzas generalizadas $(\Delta\mu_S, \Delta\Psi \text{ e } \Delta\mu_3)$.

La ecuación anterior puede reescribirse de forma alternativa, haciendo intervenir como fuerzas generalizadas, la diferencia de potencial eléctrico $(\Delta\Psi)$, la diferencia de presión hidrostática $(\Delta P)$, y la diferencia de presión osmótica $(\Delta\Pi)$, a través de la membrana. Para ello, se cumple:

$$\Delta\mu_i = \tilde{v}_i\Delta P + \Delta\mu_i^{(c)}$$

donde:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\Delta\mu_i^{(c)} = RT\ln\frac{a_i^{(2)}}{a_i^{(1)}}$$

de modo que en (2.4-3), se tendrá:

$$\begin{aligned}\Delta\mu_S &= \Delta P\left[v_+\tilde{v}_1 + v_-\tilde{v}_2\right] + \left[v_+\Delta\mu_1^{(c)} + v_-\Delta\tilde{\mu}_2^{(c)}\right] = \\ &= \Delta P\left[v_+\tilde{v}_1 + v_-\tilde{v}_2\right] + RT\ln\frac{\left[a_1^{(2)}\right]^{v_+}\left[a_2^{(2)}\right]^{v_-}}{\left[a_1^{(1)}\right]^{v_+}\left[a_2^{(1)}\right]^{v_-}} = \\ &= \Delta P\tilde{v}_S + RT\ln\frac{a_S^{(2)}}{a_S^{(1)}}\end{aligned}$$

donde $\tilde{v}_S$ es el volumen molar parcial del soluto, y habiendo tenido en cuenta la definición de la actividad del soluto como:

$$a_S = (a_+)^{v_+}(a_-)^{v_-}$$

Cuando se trata de *disoluciones diluidas*, la actividad $a_S$ es prácticamente igual a la concentración molar, $C_S$, de modo que en este caso

$$\Delta\mu_S = \Delta P\tilde{v}_S + RT\ln\frac{C_S^{(2)}}{C_S^{(1)}} = \Delta P\tilde{v}_S + \Delta\mu_S^{(c)} \qquad \textbf{(2.4-7)}$$

Por otra parte, $\Delta\mu^{(c)}{}_S$ puede escribirse definiendo una concentración molar media, $\overline{C}_S$, tal que:

$$\Delta\mu_S^{(c)} = \frac{\Delta\Pi}{\overline{C}_S},\ (\Delta\Pi = RT\Delta C_S) \qquad \textbf{(2.4-8)}$$

y cuya interpretación es como sigue:

$$\overline{C}_S = \frac{\Delta\Pi}{\Delta\mu_S^{(c)}} = \frac{C_S^{(2)} - C_S^{(1)}}{\ln\left[C_S^{(2)}/C_S^{(1)}\right]}$$



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En el caso en que las concentraciones de las fases 1 y 2 tengan valores muy próximos, entonces, por lo que:

$$\ln \frac{C_S^{(2)}}{C_S^{(1)}} \cong 2 \frac{\dfrac{C_S^{(2)}}{C_S^{(1)}}}{\dfrac{C_S^{(2)}}{C_S^{(1)}}} = 2 \frac{C_S^{(2)} - C_S^{(1)}}{C_S^{(2)} + C_S^{(1)}}$$

lo que da, finalmente, para la concentración salina media que:

$$\overline{C}_S = \frac{C_S^{(2)} + C_S^{(1)}}{2}$$

es decir, para disoluciones ideales, con pequeñas diferencias de concentración, la concentración salina media, es la media aritmética de las concentraciones de las disoluciones, a uno y otro lado de la membrana.

Por otra parte, para la diferencia del potencial químico del disolvente, se tiene:

$$\Delta\mu_3 = \left[\tilde{v}_3^{(2)} P^{(2)} + RT \ln \chi_3^{(2)}\right] - \left[\tilde{v}_3^{(1)} P^{(1)} + RT \ln \chi_3^{(1)}\right] =$$
$$= \tilde{v}_3 \left\{\left[P^{(2)} - P^{(1)}\right] + \frac{RT}{\tilde{v}_3} \ln \frac{\chi_3^{(2)}}{\chi_3^{(1)}}\right\}$$

que se reduce a:

$$\Delta\mu_3 = \tilde{v}_3 (\Delta P - \Delta\Pi) \qquad \textbf{(2.4 - 9)}$$

siendo $\Delta P = P^{(2)} - P^{(1)}$, e $\Delta\Pi$ la diferencia de presión osmótica entre las disoluciones a ambos lados de la membrana.

La introducción de (2.4-7), (2.4-8) y (2.4-9) en (2.4-6), nos conduce a la siguiente expresión para la función disipación:

$$\frac{\Phi}{T} = -\left[\frac{J_S}{C_S} \Delta\Pi + J_3 \tilde{v}_3 (\Delta P - \Delta\Pi) + I \Delta\Psi + J_S \tilde{v}_S \Delta P\right] \qquad \textbf{(2.4 - 10)}$$



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Como el flujo de volumen, $J_v$, viene dado por:

$$J_v = J_3\tilde{v}_3 + J_S\tilde{v}_S \qquad \textbf{(2.4-11)}$$

la ecuación (2.4-10) queda como:

$$\frac{\Phi}{T} = -\left[\left(\frac{J_S}{C_S} - J_3\tilde{v}_3\right)\Delta\Pi + I\Delta\Psi + J_v\Delta P\right]$$

Por otra parte, como $\left(J_S/\overline{C}_S\right)$ es la velocidad $V_S$ del soluto respecto de la membrana, y como para disoluciones diluidas el volumen $V$ de las mismas es igual al número de moles del disolvente, por el volumen molar parcial de éste, entonces:

$$n_3\tilde{v}_3 \cong V \Rightarrow C_3\tilde{v}_3 \cong 1$$

por lo que:

$$\frac{J_S}{\overline{C}_S} - J_3\tilde{v}_3 \cong V_S - \frac{J_3\tilde{v}_3}{C_3\tilde{v}_3} = V_S - V_3 = J_D \qquad \textbf{(2.4-12)}$$

donde $V_3$ es la velocidad del disolvente respecto de la membrana, por lo que $J_D$ representa la velocidad relativa del soluto respecto del disolvente, con lo que la ecuación (2.4-10) queda en la forma:

$$\Phi/T = -\left[J_D\Delta\Pi + +I\Delta\Psi + J_V\Delta P\right] \qquad \textbf{(2.4-13)}$$

De acuerdo con la (2.4-3), las ecuaciones fenomenológicas lineales serán, en este caso, las siguientes:

$$\left.\begin{aligned} J_V &= L_{11}\Delta P + L_{12}\Delta\Pi + L_{13}\Delta\Psi \\ J_D &= L_{21}\Delta P + L_{22}\Delta\Pi + L_{23}\Delta\Psi \\ I &= L_{31}\Delta P + L_{32}\Delta\Pi + L_{33}\Delta\Psi \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(2.4-14)}$$



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Cuando la membrana no es selectiva, y no se aplica, o bien se trata de un soluto no electrolítico, entonces, reduciéndose las ecuaciones (2.4-13) y (2.4-14) a las siguientes:

$$\Phi/T = -\left[J_D \Delta\Pi + + J_V \Delta P\right] \begin{cases} J_V = L_{11}\Delta P + L_{12}\Delta\Pi \\ J_D = L_{21}\Delta P + L_{22}\Delta\Pi \end{cases} \qquad \textbf{(2.4-15)}$$

Obtendremos para terminar, una forma alternativa para las ecuaciones fenomenológicas dadas en (2.4-15), de carácter eminentemente práctico, para el caso de disoluciones diluidas.

A partir de las expresiones del flujo de volumen, $J_V$, y del flujo difusivo, $J_D$, dadas en (2.4-11) y (2.4-12), se sigue que

$$J_V + J_D = \frac{J_S}{\overline{C}_S}\left[1 + \tilde{v}_S \overline{C}_S\right] \qquad \textbf{(2.4-16)}$$

Para disoluciones diluidas, de modo que de la ecuación anterior y de las (2.4-15), se obtiene:

$$\frac{J_S}{\overline{C}_S} \cong J_V + J_D = (L_{11} + L_{12})\Delta P + (L_{12} + L_{22})\Delta\Pi \qquad \textbf{(2.4-17)}$$

La ecuación anterior, junto con la primera de las ecuaciones (2.4-15), constituye un nuevo sistema de ecuaciones que describe el comportamiento fenomenológico del sistema de membrana en estudio:

$$\begin{aligned} J_V &= L_{11}\Delta P + L_{12}\Delta\Pi \\ J_S/\overline{C}_S &= (L_{11} + L_{12})\Delta P + (L_{12} + L_{22})\Delta\Pi \end{aligned} \qquad \textbf{(2.4-18)}$$

donde ahora aparecen los flujos de volumen y salino, como conjugados de las fuerzas generalizadas $\Delta P$ e.

Las ecuaciones anteriores pueden ser modificadas, bajo ciertas condiciones, para adoptar la forma en que habitualmente suelen presentarse. En efecto. Tendremos en cuenta, que una membrana estrictamente semipermeable, es aquella que tan sólo permite el paso del disolvente, rechazando la totalidad del soluto, de modo que, cualesquiera que sean los valores de $\Delta P$ e, por lo que de (2.4-17) se sigue que:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\left.\begin{aligned} L_{11} &= -L_{12} \\ L_{22} &= -L_{12} \end{aligned}\right\} \Rightarrow L_{11} = L_{22} = L_P \qquad \textbf{(2.4-19)}$$

siendo $L_P$ la **permeabilidad hidráulica** de la membrana, quedando la primera de las ecuaciones (2.4-18) en la forma:

$$J_V = L_P(\Delta P - \Delta\Pi)$$

de modo que, cuando, entonces:

$$(\Delta P)_{J_V=0} = -\frac{L_{12}}{L_{11}}(\Delta\Pi)_{J_V=0} = \Delta\Pi$$

Cualquier membrana real siempre permite el paso de alguna cantidad de sal, por lo que la semipermeabilidad estricta nunca se da, pudiéndose definir un coeficiente de reflexión (también llamado de Stavermann) $\sigma_r$, de la siguiente forma:

$$\sigma_r = \left(\frac{\Delta P}{\Delta\Pi}\right)_{J_V=0} = -\frac{L_{12}}{L_{11}} < 1 \Rightarrow L_{12} = -\sigma_r L_{11} = -\sigma_r L_P$$

siendo $\sigma_r = 1$ para una membrana semipermeable ideal. Con el resultado anterior, la primera de las ecuaciones (2.4-18) se puede poner en la forma:

$$J_V = L_P(\Delta P - \sigma_r\Delta\Pi) = L_P\left[(\Delta P - \Delta\Pi) + (1-\sigma_r)\Delta\Pi\right] \qquad \textbf{(2.4-20)}$$

En cuanto a la segunda de las ecuaciones (2.4-18), y habida cuenta del resultado anterior, se tiene:

$$\begin{aligned} J_S &= \bar{C}_S\left[L_P(1-\sigma_r)\Delta P + (L_{22} - \sigma_r L_P)\Delta\Pi\right] = \\ &= \bar{C}_S\left[L_P(\Delta P - \sigma_r\Delta\Pi) - L_P\sigma_r\Delta P + L_{22}\Delta\Pi\right] = \\ &= \bar{C}_S\left[J_V - \sigma_r(L_P\Delta P - \sigma_r L_P\Delta\Pi) - L_P\sigma_r^2\Delta\Pi + L_{22}\Delta\Pi\right] = \\ &= \bar{C}_S\left[J_V(1-\sigma_r) + (L_{22} - L_P\sigma_r^2)\Delta\Pi\right] \end{aligned}$$

lo que en definitiva conduce a:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$J_S = \bar{C}_S(1 - \sigma_r)J_V + \omega\Delta\Pi \qquad \textbf{(2.4-21)}$$

siendo:

$$\omega = \bar{C}_S L_P\left[\frac{L_{22}}{L_P} - \sigma_r^2\right] = \bar{C}_S L_P\left[\frac{L_{22}}{L_P} - \frac{L_{12}^2}{L_P^2}\right] = \frac{\bar{C}_S}{L_P}\left[L_P L_{22} - L_{12}^2\right]$$

habiendo tenido en cuenta (2.4-20). La ecuación (2.4-21) pone de manifiesto que el flujo de soluto, viene plasmado mediante dos contribuciones: por una parte, hay un flujo de soluto acoplado al flujo de volumen (arrastre); por otra, tiene lugar un flujo de soluto asociado a la diferencia de presión osmótica.

Para el coeficiente de reflexión se puede dar una interpretación, en función de las velocidades del soluto $(V_S)$ y del disolvente, definiéndolo en la forma:

$$\sigma_r = 1 - \frac{V_S}{V_3}$$

donde, como puede apreciarse, $\sigma_r = 1$ cuando $V_S = 0$ (membrana semipermeable ideal), y, si $V_S = V_3$, es decir, cuando soluto y disolvente son transportado con la misma velocidad, en cuyo caso no existe ningún rechazo de soluto. En los demás casos, cuando, y, si, lo que implica que el soluto es transportado a mayor velocidad que el disolvente, lo cual es indicativo de la presencia de carga eléctrica en la membrana.

Las ecuaciones (2.4-20) y (2.4-21), en el caso de membranas semipermeables ideales se reduce a

$$J_V = L_P[\Delta P - \Delta\Pi] \qquad \textbf{(2.4-22)}$$

$J_S = \omega\Delta\Pi$; sí $\omega = 0 \Rightarrow J_S = 0$

La anterior ecuación suele escribirse, en la forma:

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$J_S = K\frac{D_S}{d}\left[C_S^{(2)} - C_S^{(1)}\right] \qquad \textbf{(2.4-23)}$$

donde $K$ es un coeficiente característico del sistema y $D_S$ es el coeficiente de difusión de la sal a través de la membrana, siendo $d$ el espesor de la misma.

Las ecuaciones (2.4-22) y (2.4-23) se utilizan para valores del coeficiente de reflexión ligeramente inferiores a 1, y nos permiten hacer predicciones acerca de los flujos de volumen $(J_V)$ y salino, a través de membranas de ósmosis inversa. Como puede apreciarse, $J_V$ crece linealmente con la presión aplicada $\Delta P$, y cuando se hace cero $\Delta P = \Delta\Pi$. En cuanto a $J_S$, la ecuación (2.4-23) muestra que, en las condiciones de validez de la misma, el flujo salino es independiente de la diferencia de presión establecida a través de la membrana. La Figura siguiente ilustra este comportamiento para un agua que contiene un 3.5% de cloruro sódico, que suele utilizarse como modelo de agua de mar, y una membrana de ósmosis inversa de alto rendimiento (FT30, de FilmTec Corp.), y en la que se ha representado tanto el flujo de volumen (que prácticamente coincide con el flujo de agua producto), como el flujo salino, en función de la presión aplicada.

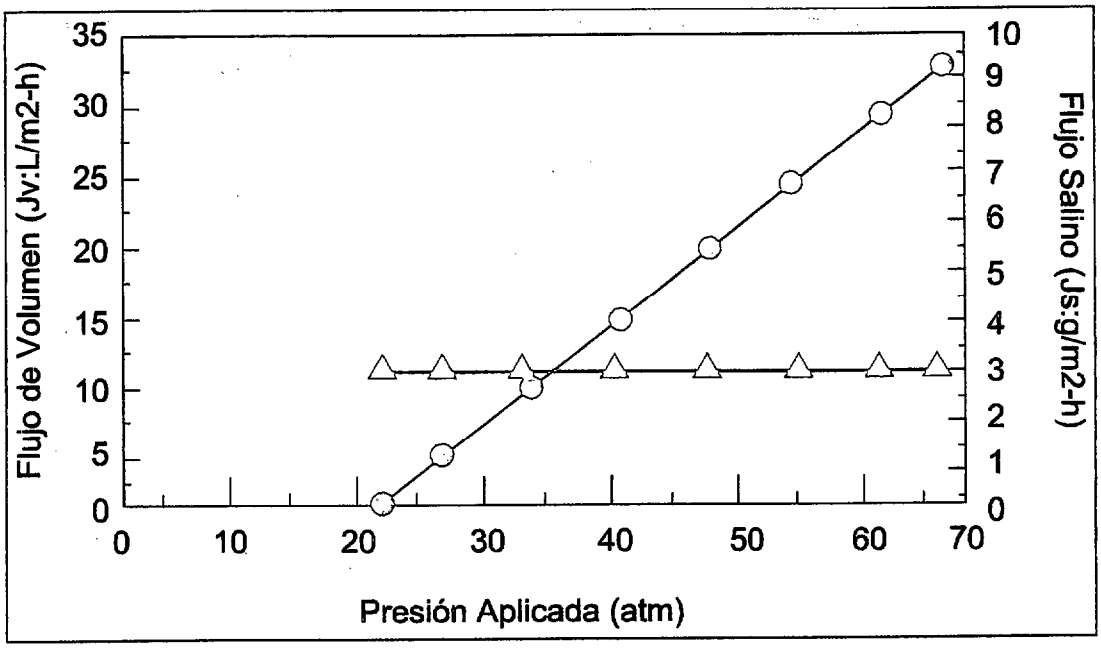



Figura nº4. Cortesía de Filmtec Corp.

Por último diremos que, el coeficiente de rechazo de sales de una membrana, da cuenta de la capacidad de la membrana para rechazar la sal de la disolución de alimentación, definiéndose, en tanto por ciento, como:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$S = (1 - SP) \times 100 = \left(1 - \frac{C_S^{(2)}}{C_S^{(1)}}\right) \times 100$$

Para una membrana semipermeable ideal $C_S^{(2)} = 0$, por lo que $S = 100\%$, mientras que para una membrana completamente no selectiva $C_S^{(2)} = C_S^{(1)}$, de modo que $S = 0$. Como el flujo de volumen $J_V$ aumenta con la presión aplicada, en tanto que el flujo salino se mantiene invariable, $C_S^{(2)}$ disminuye con $\Delta P$, por lo que $S$ aumenta.

### *2.4.3. Polarización por concentración.*

Para los procesos de filtración a través de membranas, se conoce con este nombre a la acumulación de soluto sobre la membrana, que provoca una retrodifusión del mismo hacia la disolución de alimentación, y que puede llegar a precipitar sobre la membrana, dando lugar a una capa de gel, que dificulta el proceso de filtración. Esta capa actúa como una membrana secundaria, ofreciendo una resistencia adicional al flujo transmembranario (polarización secundaria). Al incrementar la presión de trabajo, es espesor de la capa de precipitado aumenta, sin influir de manera importante en el flujo de soluto, que prácticamente permanece constante.

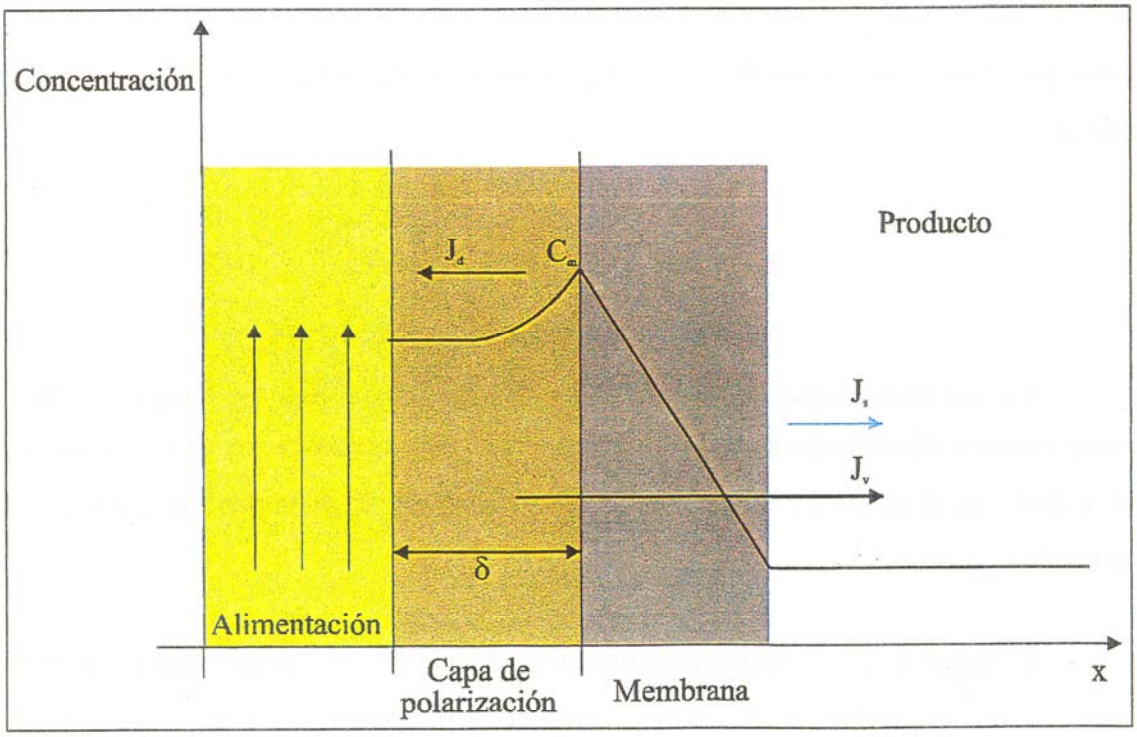



Figura 5. Polarización por Concentración



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Sin $J_V$ es el flujo de volumen a través de la membrana, una vez alcanzado el estado estacionario (figura 5), para unas concentraciones $C_f$ en la alimentación y $C_p$ en la disolución producto, respectivamente, este flujo es el mismo en cualquier punto de ésta o de la capa de polarización, de modo que si $J_d = -D(dC/dx)$ es el flujo de retrodifusión debido a la polarización ($D$, coeficiente de difusión), podremos establecer el siguiente balance másico, para cualquier punto x de la capa de polarización con concentración $C$, habida cuenta que la masa neta que se incorpora por unidad de tiempo a la disolución producto es $J_V Cp$:

$$J_V C_P = J_V C - D\frac{dC}{dx} \Rightarrow D\frac{d(C-C_p)}{C-C_p} = J_V dx$$

cuya integración a lo largo del espesor $\delta$ de la capa de polarización, conduce inmediatamente a:

$$J_V = k \ln \frac{C_m - C_p}{C_f - C_p} \Leftrightarrow \frac{C_m - C_p}{C_f - C_p} = \exp\left(\frac{J_V}{k}\right) \qquad \textbf{(2.4-24)}$$

donde $k = D/\delta$ es llamado **coeficiente de transferencia de masa** y $C_m$ es la concentración en la interfase membrana disolución de alimentación. Cuando aparece la capa de gel, la ecuación (2.4-24) sigue siendo válida, sustituyendo $C_m$ por $C_g$, concentración correspondiente a dicha capa. Si $C_p << C_f$, y hacemos $C_m = C_g$, la ecuación anterior se reduce a:

$$J_V = k\, ln \frac{C_g}{C_f} = k\, ln\, C_g - k\, ln\, C_f$$

que nos muestra que, en las condiciones consideradas, el flujo de volumen exhibe un comportamiento lineal respecto del logaritmo neperiano de la concentración en la alimentación, de manera que el ajuste $J_V$ frente a $ln\, C_f$, permite obtener $k$ de la pendiente, y $C_g$ de la ordenada en el origen.

La ecuación (2.4-24) puede escribirse de modo que dé una relación entre el coeficiente observado de rechazo $(S)$, ya definido en el epígrafe anterior, y el factor de polarización $(M)$,



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$S = \frac{C_f - C_p}{C_f} = 1 - \frac{C_p}{C_f};\ M = \frac{C_m}{C_f}$$

resultando:

$$\frac{\frac{C_m}{C_f} - \frac{C_p}{C_f}}{1 - \frac{C_p}{C_f}} = exp\left(\frac{J_v}{k}\right) \Rightarrow M = S\,exp\left(\frac{J_v}{k}\right) + 1 - S$$

Con esta nueva ecuación, el factor $M$ se puede determinar a partir de las medidas de flujo de volumen, y del rechazo $S$, siempre y cuando sea conocido el valor del coeficiente de transferencia de masa, para el módulo de membrana considerado.

La teoría desarrollada anteriormente, contempla hipótesis simplificadoras que se saben incorrectas, aunque a menudo el efecto de tales hipótesis suele ser poco relevante. El modelo desarrollado es aplicable a flujos turbulentos, alejados de la entrada del dispositivo, y a otras situaciones conducentes a una concentración constante sobre la superficie de la membrana. No obstante, también se emplea a veces en régimen laminar, para obtener valores promedios de $M$ para una membrana, empleando valores adecuados de k.

En ocasiones resulta útil el empleo de una ecuación modificada, en la que interviene la velocidad tangencial en la alimentación, $u_t$:

$$\frac{C_m - C_p}{C_f - C_p} = exp\left(a\frac{J_v}{u_t^{0,75}}\right),\ (a = cte.)$$

Para una retención total del soluto $C_p = 0$, por lo que el factor de concentración por polarización vendrá dado por

$$M = \frac{C_m}{C_f} = \exp\left(a\frac{J_v}{u_t^{0,75}}\right)$$



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

El fenómeno de polarización se presenta tanto en la ósmosis inversa, que es un proceso esencialmente difusivo, como en la ultrafiltración, que es esencialmente un proceso de criba o tamizado, en el cual, para una porosidad dada, las especies permeadas están estrictamente relacionadas con su tamaño molecular.

El primer proceso, supuesto comportamiento ideal, viene descrito por las ecuaciones (2.4-22) y (2.4-23), en tanto que para el segundo, en el que usualmente es despreciable el efecto osmótico, la ecuación (2.4-22) se reduce a:

$$J_V = L_p \Delta P = \frac{\Delta P}{R_m} \qquad \textbf{(2.4 - 25)}$$

fórmula que se conoce como **ley de Darcy**, y en la que $R_m = 1/L_p$ es la resistencia hidráulica de la membrana. Al aumentar $\Delta P$, se observa que se alcanza un valor límite para el flujo de volumen, $(J_V)_{lim}$, lo que se desvía de la linealidad predicha por (2.4-25). Este comportamiento asintótico se puede explicar suponiendo que la membrana se va obturando progresivamente, de modo que se va produciendo un aumento de la resistencia $R_m$. Alternativamente, el modelo de gel, considera que el incremento de la presión acaba provocando la precipitación de un macrosoluto, que forma una capa de gel sobre la superficie de la membrana; en otras palabras, cuando $C_m$ alcanza el valor de gelificación $C_g$ (más o menos bien establecido para todas las especies macromoleculares de interés), el flujo de permeado no se ve afectado por los incrementos de presión, de modo que:

$$(J_V)_{lim} = \frac{\Delta P}{R_m + R_g} = k\, ln \frac{C_g}{C_f}$$

donde $R_g$ denota la resistencia hidráulica de la capa de gel.

Para algunas especies macromoleculares de peso molecular bajo, la diferencia de presión osmótica a través de una membrana de ultrafiltración puede ser no despreciable (6-8 bar), haciéndose comparable con las presiones aplicadas, de modo que se hace preciso el empleo de la ecuación (2.4-22). La presión osmótica de una disolución macromolecular es, en general, una función polinómica de la concentración, $f(C)$, de manera que sobre la superficie de la membrana se tendrá:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\Pi_m = f(C_m) = f\left[C_f\, exp(J_V/k\right]$$

y así, para el flujo de volumen de permeado resulta:

$$J_V = L_p\left\{\Delta P - f\left[C_f\, exp(J_V/k\right]\right\}$$

de la que se infiere que, bajo efectos osmóticos significativos, un aumento en $\Delta P$, dará lugar a un aumento en $C_m$, y por tanto de $\Pi_m$, con la consiguiente disminución de la fuerza generalizada efectiva $(\Delta P - \Delta\Pi)$.

## 2.5. Parámetros de funcionamiento en una instalación de membranas de O.I.

Los principales parámetros operativos a considerar son:

a) **Factor de conversión:** Se expresa por tanto por ciento y es el cociente entre el caudal de agua producto y el caudal de agua bruta de alimentación.

Su expresión es

$$\boxed{R(\%) = \frac{Q_P}{Q_F} \times 100}$$

El factor de conversión nos indica la cantidad de agua desalada que se va a obtener partiendo de una cantidad de agua bruta de alimentación.

La conversión total de una planta de membranas de Ósmosis Inversa se obtiene a partir de los factores de conversión parciales de los diferentes tubos modulares que la componen. A su vez el factor de conversión de cada tubo de presión se obtiene de la conversión de cada elemento.

Las ecuaciones que se rigen el fenómeno son:

$$R^* = \frac{Q_{P,i}}{Q_{F,i}} \Rightarrow Q_{P,i} = R^* Q_{F,i} \quad (i = 1,2,...,N)$$



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$Q_{F,i+1} = Q_{F,i} - Q_{P,i} = Q_{F,i}(1 - R^*) = Q_{F,1}(1 - R^*)^i \quad (i = 1,2,...N-1)$$

$$Q_{P,i+1} = R^* Q_{F,i+} = Q_F R^* (1 - R^*)^i \quad (i = 1,2,...N-1)$$

$$R^* = \frac{Q_{P,N}}{Q_{F,N}} \quad \text{con} \quad Q_{F,N} = Q_F - \sum_{i=1}^{N-1} Q_{P,i}$$

$$R^*\left[Q_F - \sum_{i=1}^{N} Q_{P,i} + Q_{P,N}\right] = Q_{P,N} \Rightarrow Q_{P,N}[1 - R^*] = R^*\left[Q_F - \sum_{i=1}^{N} Q_{P,i}\right] = R^*[Q_F - Q_P]$$

Como el factor de conversión total es $R = \frac{Q_P}{Q_F}$, la ecuación anterior se transforma en

$$Q_{P,N}[1 - R^*] = R^* Q_F [1 - Q_P]$$

para i=N-1

$$Q_{P,i+1} = Q_F R^* (1 - R^*)^{N-1}$$

$$R = 1 - (1 - R^*)^N$$

ecuación que nos da la conversión total de la planta partiendo de las conversiones individuales.

La presión efectiva de operación de una planta de O.I. se define como la presión suministrada por la bomba de alta o media presión menos la presión osmótica del flujo de alimentación – salmuera. Un factor de conversión alto, implica una elevada concentración de salmuera, por lo que se incrementa su presión osmótica y por tanto disminuye su presión efectiva, y por tanto disminuye la productividad de la planta.

En el caso de que esto ocurra, las sales menos solubles presentes en la alimentación, como carbonatos cálcicos, sulfatos cálcicos, sulfato bárico, sulfato de estroncio, sílice, etc... pueden sobrepasar su límite de solubilidad en la salmuera, ya que el incremento de



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

concentración de una sal aumenta exponencialmente a valores altos de conversión, precipitando sobre la superficie de las membranas, dando lugar al ensuciamiento cristalino o scaling.

En general, se suele dar para plantas de O.I. con aguas salobres, factores de conversión del orden entre 70 y 85 %, mientras que para agua de mar es de 40 – 45 %.

Todos los fabricantes de membranas especifican el flujo mínimo de salmuera permisible, para que ésta presente un régimen de flujo turbulento dentro del tubo de presión, evitando así zonas de agua estancadas o de flujo laminar que podrían dar lugar a elevadas concentraciones de sales y al fenómeno de polarización por concentración.

Para asegurarse de ese flujo mínimo de salmuera, y altas conversiones, se diseñan plantas de O.I. con varias etapas hidráulicas, de manera que cada etapa contiene un número menor de tubos de presión que la etapa que la precede, lo que garantiza una constancia relativa de la velocidad del agua de alimentación a las membranas de O.I. Otra ventaja significativa que el peligro de formación de sales cristalinas se reduce sólo en la última etapa hidráulica.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

b) **Caudal de agua producto**

El caudal de agua producto en una membrana semipermeable tiene la expresión simplificada:

$$\boxed{Q_P = L_P \times A \times (\Delta P - \Delta \Pi)}$$

siendo $L_P = \frac{K_P}{r}$, y donde:

ΔP: diferencia de presión hidrostática a través de la membrana.

ΔΠ: diferencial de presión osmótica.

$L_P$: permeabilidad hidráulica del agua.

A: área de membrana instalada.

r: espesor de la membrana.

$K_P$: coeficiente asociado a la permeabilidad.

Esta ecuación se puede expresar de forma más resumida

$$Q_P = K \times \Delta P^*$$

Donde la constante K es una característica de cada tipo de membrana y ΔP* es la diferencia de presión neta a través de la membrana.

Es conocida que la presión osmótica es una función directa del contenido de sales disueltas, de manera que a grandes concentraciones de sal mayores son las presiones osmóticas.

El flujo de volumen ($J_v$) a través de una membrana, definido como volumen de agua desalada producida por unidad de superficie de membrana instalada y unidad de tiempo, es una función del tipo de membrana utilizada y del origen y características del agua a tratar, suele ser un dato aportado por el fabricante de la membrana.

Ello nos permite calcular, de forma conservadora, la superficie de membrana a instalar para obtener un determinado caudal de agua producto y dividiendo esta superficie global por la superficie de filtración de la membrana específica que se desea instalar, se obtiene el número de membranas idóneo.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La realidad es que una vez diseñada una planta de O.I. y se quiere conocer su productividad real se ha de efectuar una serie de correcciones basándose en unos factores relacionados con la presión osmótica, la temperatura del agua de alimentación y el tiempo de operación de la planta.

La ecuación corregida es

$$Q_P = f_P \times f_T \times f_t \times Q_{P,0}$$

Donde:

$Q_P$: caudal de producto de la planta de O.I. en las condiciones reales de trabajo.

$Q_{P,0}$: caudal de producto de la planta de O.I. en las condiciones normalizadas.

$f_P$: factor de corrección de la productividad asociado a la presión.

$f_T$: factor de corrección debido a la temperatura.

$f_t$: factor de disminución del caudal específico de las membranas como consecuencia del tiempo de operación.

El factor corrector de temperatura:

La capacidad instantánea de producción de una planta O.I. está condicionada por la temperatura del agua de alimentación (θ). Si se toma 25 °C como la temperatura de referencia, se define el coeficiente corrector para la temperatura $f_T$, como el cociente entre la productividad a la temperatura de operación y la productividad a 25 °C, manteniendo constantes los otros parámetros operativos (presión y caudal).

$$f_T = \frac{Q_P(\theta)}{Q_P(25)} = A^{(\theta-25)} = \exp\left[K_T\left(\frac{T}{298}\right)\right]$$

donde:

$Q_P(\theta)$: caudal de producción de la planta a temperatura Celsius θ.

$Q_P(25)$: caudal de producción de la planta a 25°C.

A: constante característica de cada tipo de membrana, generalmente con un valor próximo a la unidad (por ejemplo, en el caso del modelo PERMEASEP B-9 de **DuPont**, este valor es de 1.03).



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

T: temperatura en grados Kelvin.

$K_T$: constante dependiente del tipo de membrana (varía entre 2100 y 2800).

La temperatura es un factor determinante pues afecta enormemente a la productividad de las membranas y a su degradación físico-química así cómo a la solubilidad de determinadas sales y a su viscosidad.

La realidad es que por cada grado que aumente respecto a la temperatura de referencia, la productividad varía en torno a un 2-3 % en aumento.

La temperatura afecta igualmente a la degradación química de las membranas, ya que todas sus reacciones químicas están influenciadas por la temperatura y en consecuencia la velocidad de los procesos de degradación por hidrólisis u oxidación aumentan al hacerlo la temperatura de operación.

Además las membranas sufren el fenómeno de la compactación, que pudiera estar influenciado por la temperatura además de la presión de operación, consistiendo en la deformación por aplastamiento de los lechos porosos soporte de la capa activa de las membranas, lo que provoca una disminución del flujo de permeado.

Por último, un incremento de la temperatura, favorece el paso de sales a través de las membranas, produciendo un incremento en la salinidad del agua producida.

Factor corrector de presión:

El factor de corrección por presión es función de la presión neta de operación de la planta de O.I. corregida con el efecto de pérdida de carga en la forma de

$$\Delta P^* = P_F - \frac{\Delta P_{mod}}{2} - P_P - \Delta \Pi_{FR}$$

siendo:

$P_F$: presión de alimentación.

$\Delta P_{mod}$: pérdidas de presión en los módulos.

$P_P$: presión del agua producto.

$\Delta \Pi_{FR}$: presión osmótica del conjunto alimentación-salmuera respecto del producto.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La presión osmótica de la salmuera se calcula a partir de los datos de concentración de sales de la alimentación y el factor de concentración ($C_F$), teniendo en cuenta que la presión osmótica de una disolución se puede calcular mediante la fórmula aproximada:

$$\Pi(atm) \cong R(273.15+\theta)\times \sum_i m_i$$

$$\Pi(psi) \cong 1.19(273.15+\theta)\times \sum_i m_i$$

Siendo R la constante de los gases perfectos (0.082 atm l $K^{-1}$ $mol^{-1}$). La temperatura en grado Celsius y donde el sumatorio de $m_i$ es la suma de las concentraciones molares de cada una de las especies iónicas presentes en el agua de alimentación.

Como la concentración de iones disueltos en el agua se suele dar en ppm, equivalentes a mg/l, la expresión anterior sería:

$$\Pi = k_0 \times (273+\theta)\times C_F$$

donde:

$k_0$: coeficiente de conversión.

$C_F$: concentración de sales de alimentación en ppm.

$\theta$: temperatura en ºC.

La salinidad en el interior de las membranas no es la de la alimentación ni la de salmuera. A efectos prácticos, se considera una salinidad promedio entre la salinidad de entrada y la de salida, dicha salinidad promedio puede ser determinada a partir del llamado factor de concentración promediado o modificado, definido como $CF_m = C_R/C_{FR}$ siendo $C_R$ y $C_{FR}$ la concentración en el rechazo y la promedio en el canal de alimentación/rechazo, el cual se expresa mediante:

Para agua salobre:

$$CF_m = -\frac{\ln(1-R)}{R}$$

Para agua de mar:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$CF_m = 0.5 \times \left(1 + \frac{1}{1+R}\right)$$

Siendo R el recobro expresado en tanto por uno.

El promedio de la presión osmótica del conjunto de alimentación–rechazo se puede calcular:

$$C_{FR} = \frac{C_R - C_F}{\ln \frac{C_R}{C_F}} = C_F \frac{\frac{C_R}{C_F} - 1}{\ln \frac{C_R}{C_F}}$$

$$CF_m = \frac{CF \ln(CF)}{CF - 1}$$

$$Q_F = Q_R + Q_P \Rightarrow \frac{Q_R}{Q_F} = 1 - \frac{Q_P}{Q_F} = 1 - R$$

$$Q_F C_F = Q_R C_R + Q_P C_P \cong Q_R C_R \Rightarrow CF = \frac{C_R}{C_F} \cong \frac{Q_F}{Q_R} = \frac{1}{1-R}$$

$$C_{FM} = -\frac{1}{R}\ln(1-R)$$

$$\ln(1-R) = \frac{-R}{1-R} + \frac{R^2}{2(1-R)} + \ldots = \frac{-R}{1-R}\left[1 - \frac{R/2}{1-R} + \ldots\right] \cong \frac{-R}{1-R}\left[1 - \frac{R}{2}\right]$$

de modo que:

$$CF_m \cong \frac{1}{1-R}\left[1 - \frac{R}{2}\right] = \frac{2-R}{2(1-R)} = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{1}{1-R}\right]$$

El promedio de la presión osmótica del conjunto alimentación-rechazo ($\Pi_{FR}$) puede calcularse como:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$\Pi_{FR} = \Pi_F \times CR_m$$

donde $\Pi_F$ es la presión osmótica de la alimentación.

Es claro que la presión osmótica del agua de alimentación es un factor que afecta directamente a la diferencia de presión neta y por consiguiente al caudal de permeado. Por otro lado, la salinidad del agua producto es proporcional a la salinidad media del conjunto alimentación rechazo en la superficie de las membranas, por lo que un incremento proporcional en la salinidad del agua producto, disminuyendo su calidad.

Sin embargo, la presión en la alimentación no afecta el paso de sales a través de la membrana. Por esto, un incremento en la presión de alimentación provocará un descenso en la concentración de sales en el agua producto por un efecto de dilución, mejorando de esta forma la calidad del agua producto.

Factor de corrección por tiempo de operación:

Durante el período de operación de una planta de O.I., todas las membranas instaladas sufren cambios en su estructura física interna y en su superficie, experimentando compactación, que como ya se ha dicho es consecuencia de la compresión de su estructura por efecto de la presión transmembranal, lo que causa una disminución en la permeabilidad de la membrana, es decir se vuelven más densas y menos permeables al agua y a las sales. El factor de descenso de flujo a través de una membrana con el paso del tiempo se define como:

$$f_t = \frac{Q_P(t)}{Q_P(0)}$$

$Q_P(t)$: caudal de agua a tiempo t de operación de planta.

$Q_P(0)$: caudal en el momento de puesta en marcha de la planta (t=0).

Este factor expresa el comportamiento que tiene la instalación a lo que caudal de producción se refiere respecto al primer día de puesta en marcha.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La mayoría de los fabricantes de membranas, lo denominan como fouling factor. Los valores típicos de descenso de caudal van en función del origen de las aguas a tratar y del número de años.

Tabla nº1. Valores típicos del ensuciamiento

| Tipo de Agua de Alimentación | Porcentaje de descenso de caudales (para 3 años) |
|---|---|
| Agua superficial | de 3.5 a 5.0 |
| Agua subterránea | de 2.0 a 3.5 |
| Agua osmotizada | de 1.0 a 2.0 |

c) **Paso de sales:**

El paso de sal SP se define como el cociente entre la concentración de sales en el permeado $C_P$ con respecto al promedio de concentración de concentración de sales en la alimentación $C_F$.

$$SP = \frac{C_P}{C_F}$$

Es un parámetro que viene como una característica principal dentro de las características técnicas del fabricante de membranas.

$$S = (1 - SP) \times 100 = \left(1 - \frac{C_P}{C_F}\right) \times 100$$

Los factores que influyen en el paso de sal y por tanto en la concentración de sales en el producto son el tipo y concentración de constituyentes iónicos en la alimentación, la presión de operación y el factor de conversión.

Al operar una planta de O.I., el paso de sal se calcula corrigiendo el paso de sal en condiciones normalizadas, es decir el cociente entre la concentración de sales en el producto ($C_{P0}$) y la de alimentación $C_{F0}$ sueñe ser diferente para iones distintos.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En general, la expresión es:

$$SP = f_c \times (SP_0)$$

$$f_c = \frac{SP}{SP_0} = \frac{\frac{C_P}{C_F}}{\frac{C_{P0}}{C_{F0}}} = \frac{C_{F0}C_P}{C_F C_{P0}}$$

$$C_P = \frac{Q_S}{Q_P}$$

donde $Q_P$ es el caudal de agua a través de la membrana y $Q_S$ el caudal de sales.

$$Q_S = K \times \frac{A}{d} \times \Delta C$$

donde:

A: área de la membrana instalada.

d: espesor de la membrana.

ΔC: diferencia de concentración de una determinada sal a través de la membrana.

Si $C_{FR}$ es la concentración alimentación-salmuera y $C_P$ la concentración del producto, entonces,

$$\Delta C = C_{FR} - C_P \cong C_{FR}$$

$$Q_S = B \times C_{FR}$$

donde B es una constante, única y característica para cada tipo de membrana y ΔC ($C_{FR}$) es la fuerza generalizada para la transferencia de masas de las sales a través de la membrana.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

$$f_c = \frac{C_{F0}}{C_F} \times \frac{Q_S}{Q_P} \times \frac{Q_{P0}}{Q_{S0}} = \frac{C_{F0}}{C_F} \times \frac{\Delta P_0^*}{\Delta P^*} \times \frac{C_{FR}}{C_{FR0}} = \frac{C_{F0}}{C_F} \times \frac{\left[\left(P_{F0} - \frac{\Delta P_{FR0}}{2 - P_{P0}}\right) - \left(\Pi_{FR0} - \Pi_{P0}\right)\right]}{\left[\left(P_F - \frac{\Delta P_{FR}}{2 - P_P}\right) - \left(\Pi_{FR} - \Pi_P\right)\right]} \times \frac{C_{FR}}{C_{FR0}}$$

donde:

$C_{F0}$: concentración de sales de alimentación en condiciones normalizadas.

$C_F$: concentración de sales de alimentación en condiciones actuales.

$P_{F0}$: presión de alimentación en condiciones normalizadas.

$P_F$: presión de alimentación en condiciones actuales.

$\Delta P_{FR0}$: pérdidas de presión del sistema en condiciones de operación normalizadas.

$\Delta P_{FR}$: pérdidas de presión del sistema en condiciones de operación actuales.

$P_{P0}$: presión del permeado en condiciones de operación normalizadas.

$P_P$: presión del permeado en condiciones de operación actuales.

$\Pi_{FR0}$: presión osmótica del conjunto alimentación-salmuera en condiciones de operación normalizadas.

$\Pi_{FR}$: presión osmótica del conjunto alimentación-salmuera en condiciones de operación actuales.

$\Pi_{P0}$: presión osmótica del permeado en condiciones de operación normalizadas.

$\Pi_P$: presión osmótica del permeado en condiciones de operación actuales.

$C_{FR0}$: concentración media del conjunto alimentación-salmuera en condiciones de operación normalizadas.

$C_{FR}$: concentración media del conjunto alimentación-salmuera en condiciones actuales.

El incremento del paso de sal en una membrana de O.I. con el tiempo de operación, es un reflejo del fenómeno de degradación de la membrana, debida al fouling y a la exposición de las membranas a compuestos químicos agresivos durante los procesos de limpieza.

En plantas con aguas de buena calidad y por tanto con una frecuencia nula de limpieza química, el paso de sal permanece constante con el tiempo. Lo normal, es que disminuya con el tiempo y se incremente el rechazo de sal, debido principalmente a la disminución del flujo de sales por la membrana merced a los fenómenos de compactación de la misma. Lo más frecuente es que se incremente el paso de sal motivado por las aguas de mala calidad y las limpiezas químicas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

El factor de incremento del paso de sales a través de una membrana depende del tipo de material que constituye la capa activa de la misma. Los fabricantes de membranas estiman que dicho factor para las de material de poliamida, al cabo de tres años de funcionamiento es del orden de 1.1 a 1.5.

Uno de los objetivos al, estudiar el paso de sales o rechazo de sales de una membrana de O.I., es predecir la concentración de sales que presentará el agua producto en determinadas condiciones de operación. La salinidad en el permeado se puede calcular, habida cuenta de

$$C_P = SP \times C_F = CF \times f_c \times SP_0 = C_F \times SP_0 \times \frac{C_{F0}}{C_F} \times \frac{\Delta P_0^*}{\Delta P^*} \times \frac{C_{FR}}{C_{FR0}} =$$

$$= C_{F0} \times SP_0 \times \frac{\Delta P_0^*}{\Delta P^*} \times \frac{C_R}{C_R} \times \frac{C_{FR}}{C_{FR0}} = C_{F0} \times \frac{CF_{m,0}}{CF_m} \times SP_0 \times \frac{\Delta P_0^*}{\Delta P^*}$$

donde:

$C_P$: concentración de sales en el permeado.

$C_F$: concentración de sales en la alimentación.

$C_R$: concentración de sales en el rechazo.

$C_{F0}$: concentración de sales en la alimentación en condiciones normalizadas.

$CF_m$: factor de concentración medio alimentación-salmuera ($C_R/C_{FR}$).

$CF_{m,0}$: factor de concentración medio alimentación-salmuera en condiciones normalizadas ($C_{R0}/C_{FR0}$).

$SP_0$: paso de sales en condiciones normalizadas.

$\Delta P_0^*$: diferencia de presión efectiva neta en condiciones normalizadas.

$\Delta P^*$: diferencia de presión efectiva neta en condiciones reales.

Este método de cálculo de la concentración de sales del permeado requiere las siguientes hipótesis:

1. El paso de iones de la alimentación al permeado es muy pequeño. Por tanto prácticamente no afectará a la concentración de iones de la salmuera.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

2. Todos los iones pasan a través de la membrana en la misma proporción, lo cuál no es estrictamente cierto.

El nivel del rechazo de sales de una membrana de O.I. depende del ion en particular que se considere (pues todos los iones no son rechazados con la misma eficacia), de las condiciones operativas (presión, factor de conversión, etc...) y del tipo de membrana empleada.

## 2.6. Problemas de operación en una planta de O.I.

### *2.6.1. Condiciones de pretratamiento de una planta de O.I.*

En una planta de Osmosis Inversa (O.I.) es fundamental y básico un pretratamiento apropiado del agua bruta para conseguir una operación satisfactoria de la instalación. Un pretratamiento correctamente diseñado y operado, eliminará prácticamente todos los problemas. Siempre que los sistemas de pretratamiento estén inadecuadamente diseñados o incorrectamente operados, el rendimiento de la planta se verá afectado.

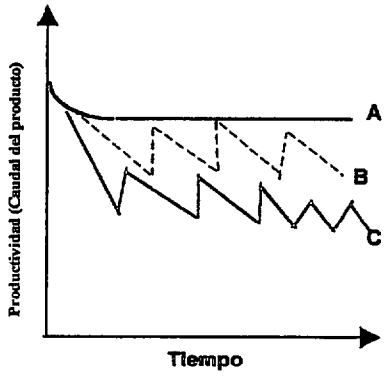
Generalmente, un empeoramiento del rendimiento de una planta de O.I. es el resultado de materias atrapadas en el módulo o sobre la membrana. Cuando esto ocurre, normalmente aumenta la polarización de concentración en la superficie de la membrana, ya que los depósitos sobre la misma retrasan la retrodifusión de las sales hacia la solución de agua bruta. Este incremento de polarización de concentración se traduce en un incremento del paso de sales hacia la solución de agua bruta. Este incremento de polarización de concentración se traduce en un incremento del paso de sales y en una disminución de la productividad.

Las materias atrapadas en la membrana, no solamente incrementan la polarización de concentración, sino que además originan un aumento de la caída de presión en el módulo, creando así un flujo irregular en el mismo. Los módulos se diseñan para tener un flujo relativamente regular a través de todas las porciones de la membrana, si se mantienen unos flujos mínimos de concentrado. Cuando ocurra un flujo irregular por ensuciamiento, entonces unas porciones de la membrana operarán a baja conversión y otras a alta conversión, incluso si la conversión global del sistema se mantiene constante. Este efecto de caminos preferenciales causa la polarización de concentración en la porción de la membrana que opera a alta conversión, acelerando el ensuciamiento.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Cuando el rendimiento de una planta de O.I. empeora y rebasa los límites tolerables, se precisa efectuar una limpieza química de las membranas para restaurar, si es posible, sus características anteriores de operación. Si la limpieza es requerida más de una vez al mes, el pretratamiento se considerará inadecuado. Con un pretratamiento apropiado, la frecuencia de la limpieza será de una vez cada dos, tres o más meses. Las experiencias con plantas de O.I. para todo tipo de aguas, han mostrado que la limpieza no es un proceso sustitutivo de un pretratamiento apropiado.

Veamos la influencia del pretratamiento sobre la productividad de la membrana de O.I.




**A.** La curva representa a la pérdida de productividad causada por la compactación de la membrana; es una curva teórica, pues corresponde a un pretratamiento perfecto que no originaría ensuciamiento alguno de las membranas.

**B.** Curva real correspondiente a un pretratamiento apropiado. Se precisan limpiezas periódicas para restaurar la productividad. Esto no se consigue del todo, aunque la curva de los picos o inicios de ciclos es ligeramente inferior a la curva teórica.

**C.** Curva correspondiente a un pretratamiento inadecuado que impedirá unas limpiezas eficaces en cuanto a la recuperación de la productividad y obligará a limpiezas más frecuentes en el tiempo.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 2.6.2. Consideraciones previas de diseño.

Para el diseño apropiado de un pretratamiento de agua correspondiente a una planta de O.I., hay que considerar cinco fuentes potenciales de depósitos sobre las membranas:

* Precipitados de sales minerales.
* Precipitados de óxidos metálicos.
* Partículas.
* Materias coloidales.
* Substancias biológicas.
* Temperatura agua bruta.

Precipitados de sales minerales.

Las incrustaciones en los módulos son causadas normalmente por la precipitación de sales minerales débilmente solubles ($CO_3Ca$, $SO_4Ca$, $SO_4Ba$, $SO_4Sr$, $F_2Ca$ y $SiO_2$). La potencialidad de precipitados de cualquier agua de alimentación se determina a partir de los análisis del agua, de la conversión del sistema de O.I. y de los límites de solubilidad de las diferentes sales, y es el resultado de la acción de concentración del proceso de O.I.

Precipitados de óxidos metálicos.

Las aguas brutas, dependiendo de su origen, pueden contener sales solubles de ion ferroso ($Fe^{++}$) y/o de ion manganeso ($Mn^{++}$). Por oxidación, estos iones forman hidróxidos insolubles, los cuales pueden precipitar en el interior de los módulos y afectar adversamente al rendimiento del sistema de O.I.

Muchos suministros municipales de agua potable contienen concentraciones suficientemente altas de aluminio que pueden originar precipitados de $Al(OH)_3$ cuando el pH del agua de alimentación es ajustado.

Otra fuente de óxidos metálicos insolubles es la correspondiente a los productos de corrosión de tuberías y demás equipos del propio sistema de O.I.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Las partículas de gran tamaño causan atascamientos en los módulos, pues no pueden atravesar el espacio entre la alimentación y el concentrado en el interior de los mismos.

Materias coloidales.

La coagulación de las materias coloidales sobre la superficie de las membranas, origina la precipitación coloidal en los módulos durante el proceso de O.I.

Sustancias biológicas.

Los depósitos biológicos ocurren cuando el agua de alimentación contiene suficientes nutrientes para establecer un rápido crecimiento de organismos en el interior de los módulos. Este crecimiento puede conducir a la deposición y consiguiente empeoramiento de su rendimiento.

Otro efecto biológico ocurre cuando los microorganismos atacan y digieren el material de la membrana. Este es el caso de las membranas biodegradables (acetato de celulosa), cuya capacidad se ve afectada irreversiblemente en sus propiedades. En cambio, las membranas de poliamida (PA) y de película delgada de material compuesto (TFC) no son susceptibles a este tipo de organismos.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

### *2.6.3. Principales pretratamientos contra el ensuciamiento.*

En general, los pretratamientos contra el ensuciamiento tienen como objetivo la adecuación del agua de alimentación para su tratamiento en los módulos O.I. Esto se consigue cuando, por efecto del pretratamiento diseñado, se reduce el valor de SDI por debajo del valor máximo recomendado por los fabricantes de membranas, específico para cada tipo de membrana.

Los procesos de ensuciamiento de las membranas constituyen un fenómeno complejo, en el que pueden estar relacionados diferentes agentes causales de los descritos anteriormente. Por lo tanto, para abordar correctamente el diseño de un sistema de pretratamiento del agua a tratar, es necesario tener en cuenta cuales son los posibles agentes que potencialmente pueden causar ensuciamiento, así como el tipo (composición química y configuración) de membrana en cuestión.

En principio, cualquier material en suspensión en el agua de alimentación, puede ser separado de ésta utilizando los mismos métodos que se utilizan en los procesos de tratamiento de aguas para su depuración, potabilización o acondicionamiento para determinados usos industriales, los cuales incluyen:

⇒ Coagulación-Floculación. { Sales de Hierro : $FeCl_3$ ; Sales de Al : $Al_2(SO_4)_3$ ; Polielectrolitos { Aniónicos ; Catiónicos }

Coagulación: Aglomeración de coloides como consecuencia de la disminución de las cargas.

Floculación: Aglomeración de partículas en suspensión.

⇒ Filtración, que a su vez puede subdividirse en:

- Grosera: microtamices, filtros de malla (diámetro de poro; ∅>3 mm).
- Mediana: filtros mono o multi-capa de material granular (∅ entre 0.5 y 3 mm).
- Fina: filtros pre-revestidos, filtros de cartuchos, ultrafiltros (∅ entre 0.1 y 500 μm).

⇒ Desinfección, que puede incluir los siguientes tratamientos:

- Cloración.
- Tratamientos de choque con: $NaHSO_3$, $O_3$, $I_2$, $H_2O_2$.
- Radiación ultravioleta.

Si el agua a tratar presenta un SDI>6, o bien posee abundantes partículas en suspensión de tamaño inferior a 5 μm, y por tanto, difíciles de separar del agua mediante filtración, se debe contemplar la necesidad de un pretratamiento físico-químico del tipo floculación-coagulación. Estos pretratamientos van encaminados a unir entre sí partículas de pequeño tamaño y/o



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

coloides, en estructuras más grandes y por tanto, más fácilmente separables del agua mediante filtración, sedimentación o flotación de las mismas.

Como se ha descrito anteriormente, los procesos de filtración pueden dividirse, someramente, en filtración grosera, mediana y fina. Los tipos de filtración utilizados en los pretratamientos de plantas O.I. son la mediana y la fina, quedando los procesos de filtración grosera para pretratamientos de plantas de depuración de aguas residuales y otros usos. Su empleo está indicado tanto para aguas de origen superficial como para aguas subterráneas, aunque estas últimas puedan tener menores requerimientos, de manera que en ocasiones es suficiente con un simple proceso de filtración de tipo fino.

Para una filtración de grado medio, suelen utilizarse los denominados lechos filtrantes en profundidad. Los más sencillos son los formados por una capa homogénea de gravas o arenas; en algunas ocasiones, se ha sustituido con buenos resultados la arena por tierra de diatomeas. Estos filtros pueden reducir el SDI del agua de alimentación a valores inferiores a 3, siempre que el SDI original estuviese comprendido entre 3 y 5. Si el agua de alimentación presentara valores en torno a 6 se debe realizar un pretratamiento previo del tipo floculación-coagulación.

En muchas ocasiones, se utilizan los denominados filtros bicapa, que consisten en un lecho filtrante de otro material, que suele ser antracita, aunque también puede ser carbón activado. Estos filtros bicapa presentan la ventaja sobre los monocapa, de la adsorción que sufren muchos coloides y sales metálicas al entrar en contacto con materiales como la antracita o el carbón activado.

El grosor del lecho filtrante suele ser de 1 a 3 metros, mientras que el tamaño medio de las partículas retenidas en estos filtros oscila entre 0.5 y 3 mm. La velocidad de filtración oscila entre 10 y 20 m/h, y la necesidad de lavado de los mismos viene determinada por el incremento de la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro, cuyo valor depende del tipo de filtro.

Cuando el agua de alimentación presenta un nivel bajo de impurezas, o se requiera un agua de mejor calidad, se suelen utilizar un tipo especial de filtros denominados filtros pre-recubiertos. Estos filtros constan de un tamiz rígido, flexible o semiflexible, sobre el que se deposita el medio filtrante. Este medio forma un lecho filtrante unido al tamiz, que potencia la acción filtrante de éste. Los materiales que constituyen el tamiz, más frecuentemente utilizados son: mallas metálicas, algodón, nylon, etc. Mientras que los materiales más utilizados como



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

lecho filtrante son: tierra de diatomeas, sílice, perlita, fibras de amianto, celulosa, carbón activado y resinas de intercambio iónico. El lecho filtrante puede ejercer una acción filtrante por mecanismos de adhesión o por efectos mecánicos, dependiendo del material que lo constituye. Con estos filtros se pueden retener todas aquellas partículas mayores de 0.1 mm.

Tras la filtración de tipo mediano, o bien como primera y única etapa de filtración para agua a tratar con SDI≤3, se utilizan, prácticamente en todos los casos, una filtración fina mediante los denominados filtros de cartucho. Los filtros de cartucho se fabrican en una gran variedad de configuraciones y materiales. Entre estos materiales se incluyen: fieltro, papel, fibra de vidrio, fibras de resina, polipropileno y otros compuestos sintéticos, mallas metálicas y cerámicas, aunque los más frecuentes son los de polipropileno embobinado.

El rango de filtración que ofrecen los diferentes tipos de filtros de cartucho oscila entre 0.1 y 500 μm, no obstante los más utilizados son los de tamaño nominal de poro de 5 μm. El espacio entre las capas que componen las membranas O.I., es decir el grosor del canal por el que va a circular el agua de alimentación que se irá transformando progresivamente en salmuera, es de más de 25 μm, por lo que las partículas que van a atravesar los filtros de cartuchos (<5 μm) podrán cruzar estos canales, siendo arrastradas por el flujo de agua que circula tangencialmente a la superficie de la membrana hacia el rechazo.

Los filtros de cartucho son compactos, fiables, fáciles de manejar y requieren inversiones más rápidamente amortizables que los otros sistemas de filtración.

Cuando se quiere que el agua de entrada a los módulos O.I. presente un SDI sensiblemente inferior a 3 y cercano a 1, se puede utilizar sistemas de ultrafiltración.

Mención especial merece los sistemas de pretratamiento diseñados para evitar el ensuciamiento de tipo biológico de las membranas O.I.. En éste sentido, gran parte de la materia orgánica, bien en forma coloidal o disuelta, se elimina del agua mediante algunos de los métodos de pretratamiento ya descritos. No obstante, si fuera necesaria la instalación de un sistema específico de eliminación de materia orgánica, se pueden utilizar las denominadas resinas intercambiadoras de materia orgánica ("scavengers"), con buenos resultados. Se basan en la adsorción de la materia orgánica mediante fuerzas de Van der Waals. Son fáciles de regenerar con NaOH o NaCl y retienen ácidos húmicos, detergentes y compuestos orgánicos de alto peso molecular.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En lo referente a los microorganismos, principalmente bacterias, su concentración suele ser baja en aguas subterráneas y elevada en aguas superficiales. Por tanto, en general, las aguas subterráneas no requieren un pretratamiento específico para eliminar bacterias, siendo no obstante un pretratamiento casi siempre obligado en aguas de origen superficial. Generalmente se utilizan los siguientes métodos:

1°) **Cloración.** El cloro ($Cl_2$) es el desinfectante más ampliamente utilizado y su eficacia depende de factores tales como: concentración de $Cl_2$ inyectado, tiempo de exposición y pH. La cantidad de $Cl_2$ necesaria está relacionada con la concentración de materia orgánica disuelta en el agua, ya que la forma bactericida del $Cl_2$ en el agua es como $Cl_2$ libre y si el $Cl_2$ entra en contacto con elevadas concentraciones de materia orgánica tiende a formar complejos químicos con las mismas. Una correcta dosis de $Cl_2$ implica, que tras el pretratamiento, la concentración del $Cl_2$ libre en el agua debe ser alrededor de 0.2 mg/l. Muchas membranas O.I. son sensibles al $Cl_2$; su concentración máxima admisible para membranas de poliamida depende del pH del agua (Tabla 2), pero en cualquier caso es prácticamente cero, por lo que se debe realizar una decloración anterior a la entrada del agua en los módulos O.I..

Tabla 2

Concentración máxima admisible por una membrana O.I. de poliamida en función del pH del agua a tratar

| $[Cl_2]$ | pH |
|---|---|
| 0.00 | < 8.0 |
| ≤ 0.25 | > 8.0 |

La decloración se suele llevar a cabo utilizando filtros de carbón activado o inyectando $NaHSO_3$. No es recomendable la utilización de $Na_2SO_3$, ya que pueden dar lugar a la formación de sulfuros que precipitarán en la superficie de las membranas.

El uso de filtros de carbón activado granular está muy extendido como sistema declorador de aguas, no obstante presenta los siguientes problemas:

* La capacidad específica de adsorción del carbón activado con respecto al $Cl_2$ es baja, por lo que se requerirá gran cantidad del mismo.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

* Es previsible la fragmentación de las partículas del carbón activado en otras más pequeñas que puedan atravesar los sistemas de filtración y llegar a los módulos O.I..
* El crecimiento bacteriano sobre el carbón activado. Al reducir la concentración de $Cl_2$, prácticamente a cero, se puede producir el crecimiento de bacterias, que formarán colonias sobre las partículas de carbón activado y que posteriormente pueden pasar a los módulos O.I. provocando el ensuciamiento biológico de las membranas.

Como alternativa a los filtros de carbón activado se utiliza la inyección de $NaHSO_3$. Además de actuar como secuestrante del $Cl_2$ libre, el $NaHSO_3$ previene el crecimiento bacteriano y es adecuado para realizar posibles ajustes de pH. Además, el $NaHSO_3$ es prácticamente rechazado en su totalidad por las membranas O.I. de poliamida.

2º) **Tratamientos de choque**. Utilizando otros agentes bactericidas como: $NaHSO_3$, $O_3$, $I_2$, $H_2O_2$.

3º) **Radiación ultravioleta**. Puede ser una buena solución, ya que no afecta en absoluto a las membranas. Su uso es económicamente rentable sólo en los casos de aguas de baja concentración bacteriana y baja turbidez.

### *2.6.4. Métodos de pretratamiento contra el ensuciamiento cristalino.*

El ensuciamiento cristalino o ensuciamiento cristalino de las membranas (scaling), se produce por la precipitación de las sales menos solubles, durante el proceso en el que el agua de alimentación se va transformando en salmuera. Como quiera que durante el proceso O.I., las sales del agua de alimentación se van concentrado, puede llegar el momento en el que sus concentraciones excedan sus límites de solubilidad y se produzca su precipitación. Como se ha indicado anteriormente, en aguas salobres, las sales que con más frecuencia producen ensuciamiento cristalino son el carbonato cálcico ($CaCO_3$) y el sulfato cálcico ($CaSO_4$), mientras que en aguas marinas generalmente sólo existen problemas con el $CaCO_3$. Otras sales que suelen producir ensuciamiento cristalino, aunque menos frecuente que las anteriores, son: sulfato de bario ($BaSO_4$), sulfato de estroncio ($SrSO_4$), sílice ($SiO_2$) y fluoruro de calcio ($CaF_2$).

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Si en los cálculos de diseño operativo de una planta O.I., se prevé que se van a exceder los límites de solubilidad de una o varias de las sales mencionadas anteriormente, sólo se puede actuar en dos direcciones:

1. Reduciendo el factor de conversión, hasta evitar que se excedan los límites de solubilidad en la salmuera.

2. Incorporando un pretratamiento anti-ensuciamiento cristalino, previo a la entrada del agua a los módulos O.I..

Si el pretratamiento es adecuado, no permitirá mantener el factor de conversión original del diseño.

A continuación, desarrollaremos de forma resumida los pretratamientos contra el ensuciamiento cristalino más frecuentemente utilizados.

Pretratamientos más utilizados para evitar el ensuciamiento cristalino:

Producido por:

$CaCO_3$: Dosificación de ácido $\begin{cases} H_2SO_4 \\ HCl \end{cases}$

Su efecto es la reducción del pH en el agua de alimentación.

$BaSO_4$: Dosificación de un inhibidor orgánico.

$CaSO_4$: Hexametafosfato sódico.

$SrSO_4$: Dosificación de un inhibidor orgánico formado por mezclas de ácidos poliacrílicos de diferentes pesos moleculares.
Su efecto es retrasar el crecimiento de los cristales de los sulfatos

$SiO_2$: Control por el factor de conversión.
Control de la temperatura del agua de alimentación.
Control del pH.

$F_2Ca$: Dosificación de un inhibidor orgánico
Hexametafosfato sódico.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 2.7. Limpieza de Membranas.

Incluso en los casos en los que se ha diseñado un pretratamiento extenso y sofisticado, durante la operación normal de una planta O.I. las membranas se van ensuciando progresivamente, ya sea por ensuciamiento o por incrustación, siendo imposible él poder evitar este inconveniente. Consecuentemente, se debe tener en cuenta la realización de limpiezas periódicas de los módulos O.I.. Sin embargo, se ha de tener presente la norma de que las membranas O.I. se deben limpiar lo menos posible, pues en cada limpieza se van degradando.

Cuando en una planta O.I. se han de realizar limpiezas muy frecuentemente, se debe deducir que el pretratamiento es incompleto o inadecuado de acuerdo con lo recogido en el apartado 2.6.1.

Todas las membranas O.I. que se utilizan se pueden someter a ciclos periódicos de limpieza, aunque no todas presentan la misma facilidad, ni los mismos resultados. Las membranas con configuración del tipo arrollamiento en espiral son más fáciles de limpiar y con mejores resultados que las del tipo fibra hueca.

A la hora de realizar la limpieza de las membranas se han de considerar algunos aspectos, como los que se exponen a continuación, extraídos de los distintos manuales de los fabricantes de membranas.

Factores que determinan cuándo se ha de efectuar la limpieza.

Es mejor realizar lavados sistemáticos, cuando sean necesarios, que retrasar el lavado hasta que las membranas hayan llegado a un alto grado de saturación. Como norma, se debe preceder a la limpieza de las membranas cuando se produzca una disminución de la producción de permeado normalizada entre un 10 y un 20%, según el tipo de membrana, o bien cuando la presión de entrada sea un 10% superior a las condiciones de trabajo estabilizadas, y a la misma temperatura. Algunos fabricantes de membranas, recomiendan que el factor a tener en cuenta para realizar la limpieza de las membranas que el factor a tener en cuenta para realizar la limpieza de las membranas, sea un incremento de 1.5 veces del valor inicial de presión diferencial, entre la entrada de la alimentación y la salida de la salmuera en un módulo O.I..

También cabe considerar el lavado de las membranas, cuando se produzca un empeoramiento en la calidad del permeado, es decir, cuando el paso de sales se incremente ente



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

un 30 y un 40%. Este aumento ha de tener lugar lentamente, si se produjera de forma brusca, se debe pensar, más bien, en el fallo de los anillos tóricos de interconexión de membranas o en cualquier otro cortocircuito hidráulico entre el permeado y la alimentación-salmuera.

Determinación de los agentes causantes del ensuciamiento.

Antes de realizar el proceso de limpieza es necesario determinar el agente causal del ensuciamiento y pérdida de productividad de las membranas. La mejor aproximación a este tema es la realización del análisis químico de los materiales que quedan en la membrana filtrante del ensayo de SDI. En determinadas ocasiones, resulta difícil la realización del análisis químico, por la premura de tiempo, y debemos aproximarnos a la identificación del agente causal en función de su color y aspecto. Si el depósito es marrón se puede pensar en compuestos de hierro; si es blanco o beige puede ser sílice, algún compuesto con calcio o ensuciamiento biológico. Cuando es cristalino, sólo puede ser algún compuesto de calcio o coloides inorgánicos, mientras que el ensuciamiento orgánico suele ser mucilaginoso.

Selección del procedimiento de limpieza.

Una vez que se ha identificado el agente causal del ensuciamiento de las membranas, se ha de seleccionar el procedimiento de limpieza más adecuado en cada caso. En la Tabla 8 se pueden observar los tratamientos más utilizados en función de los agentes causantes del ensuciamiento.

Evaluación de la efectividad del proceso de limpieza.

Se considera que el proceso de limpieza ha sido efectivo si se recobran los valores de productividad (flujo de permeado), presión y rechazo de sales, a los niveles esperados en las condiciones de trabajo estabilizadas. Si los resultados no fueran los esperados tras el primer proceso de limpieza, puede ofrecer buenos resultados la aplicación de otro procedimiento de limpieza. El ensuciamiento de las membranas es generalmente un proceso complejo, y en muchos casos, requiere varios procedimientos de limpieza, aplicados sucesivamente. Por ejemplo una limpieza primero con ácido cítrico seguido de un detergente, puede ser mucho más efectiva que si se utilizan individualmente.

La secuencia habitual de un proceso de limpieza constaría de una primera fase de lavado por arrastre, con agua osmotizada, de la salmuera que queda en los circuitos y módulos de una planta O.I. (a este proceso se le denomina "flushing"), seguida de una limpieza mediante la



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

recirculación durante un período de tiempo de agentes químicos. Ambos procesos se explican con más detalle a continuación.

### 2.7.1. Limpieza por arrastre.

Es uno de los sistemas de limpieza más fáciles de aplicar y que no provoca ningún daño a las membranas. En la limpieza por arrastre se utiliza agua pretratada, o mejor aún agua osmotizada, a baja presión y sin recirculación. Es efectiva para limpiar algunos agentes causantes del ensuciamiento (materia orgánica, material particulado,...), si se aplica cuando se observa un descenso significativo de los parámetros operativos de diseño. También se recomienda que se efectúe un lavado por arrastre cuando se produzca una parada, accidental o no, de una planta O.I. para arrastrar los materiales sueltos que puedan encontrarse en la superficie de las membranas y mantener a éstas embebidas en agua de buena calidad.

Las condiciones generales de operación en un proceso de lavado por arrastre son las siguientes:

| | |
|---|---|
| Agua de arrastre: | Agua pretratada, preferiblemente osmotizada. |
| Presión: | 1 a 2 bar |
| Caudal de agua: | El caudal máximo de agua por módulo O.I. (conjunto de membrana y tubo de presión) es:<br>Membrana de 2.5": 25 l/min<br>Membrana de 4.0": 50 l/min<br>Membrana de 8.0": 200 l/min |
| Temperatura: | Temperatura ambiente, siempre por debajo de 35ºC. |
| Período de tiempo: | Entre 0.5 y 1 hora. |

En cualquier caso el arrastre de cada etapa hidráulica se debe hacer por separado y sin recirculación.

Limpieza química de las membranas.

El proceso de limpieza química de las membranas implica la limpieza de las superficies de las mismas mediante la disolución de los agentes causales del ensuciamiento con sustancias químicas adecuadas (Tabla 3). Por lo general la limpieza química se suele aplicar después del proceso de limpieza por arrastre. Se puede tomar, como norma, la realización periódica de



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

limpieza química de las membranas y por supuesto, siempre antes de las paradas prolongadas de las plantas O.I..

El equipo necesario para la realización de la limpieza química de las membranas, esquematizado en la figura, deberá construirse con materiales resistentes a los agentes químicos citados en la Tabla 3. Véase dicho esquema al final de este capítulo.

Las condiciones generales de operación en los procesos de limpieza química de las membranas son las siguientes:

| | |
|---|---|
| Agentes químicos: | los descritos en la Tabla 3. |
| Agua de limpieza o dilución: | agua pretratada, preferiblemente osmotizada. |
| Volumen de disolución limpiadora: | de 40 a 80 litros por membrana de 8"<br>de 10 a 20 litros por membrana de 4"<br>de 5 a 10 litros por membrana de 2.5" |
| Presión: | 1 a 2 bar |

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Tabla 3

Agentes químicos de limpieza y su aplicación

| Causa del ensuciamiento | Indicios Generales | Agentes químicos más utilizados |
|---|---|---|
| $CaCO_3$ | Un marcado descenso en el rechazo de sales y un marcado incremento del ΔP entre la alimentación y la salmuera. Leve descenso de la productividad del sistema (flujo de permeado). | HCl a pH = 4<br>Acido cítrico al 2% + $NH_3$ a pH = 4<br>Detergentes específicos(*) (Nutek, NT-600, Triton X 100, etc). |
| $CaSO_4$, $BaSO_4$, $SrSO_4$, $CaF_2$. | Un significativo descenso en el rechazo de sales y un marcado incremento ΔP del entre la alimentación y la salmuera. Leve descenso y lento (varias semanas) de la productividad del sistema. | Acido cítrico al 2% + $NH_3$ a pH entre 7 y 8.<br>Combinación EDTA, $Na_3PO_4$, $Na_2CO_3$, $Na_3P_3O_{10}$ (pH=7-8)<br>Hidrosulfato sódico ($Na_2S_2O_4$) al 1%<br>Detergentes específicos(*) (Nutek, NT-600, Triton X 100, etc). |
| Oxidos Metálicos | Descenso rápido del rechazo de sales y rápido incremento del ΔP entre la alimentación y la salmuera. Además, un rápido descenso de la productividad del sistema. | Acido fosfórico/nítrico a pH = 2.<br>Acido cítrico al 2% + 2% NaEDTA + $NH_3$, a pH = 4.<br>$Na_2S_2O_4$, al 1%.<br>NaHMF al 1%.<br>Detergentes específicos. |
| $SiO_2$ | Un leve descenso en el rechazo de sales y un incremento gradual del ΔP entre la alimentación y la salmuera. Además, un descenso gradual (varias semanas) de la productividad del sistema. | NaOH a pH = 11.<br>Detergentes específicos + NaOH a pH = 11. |

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | | |
|---|---|---|
| Coloides (orgánicos, inorgánicos, de hierro, silicatos, etc.). | Un leve descenso en el rechazo de sales y un incremento gradual del ΔP entre la alimentación y la salmuera. Además, un descenso gradual (varias semanas) de la productividad del sistema. | NaOH a pH = 11.<br>Acido cítrico al 2% + NH3 a pH = 4.<br>Detergentes específicos + NaOH a pH = 11.<br>NaHMF al 1%. |
| Depósito de materia orgánica | Un marcado descenso en el rechazo de sales y un incremento gradual del ΔP entre la alimentación y la salmuera; un descenso gradual de la productividad del sistema. | NaOH a pH = 11<br>NaHMF al 1%.<br>Detergentes específicos + NaOH a pH = 11. |
| Microorganismos (Bacterias) | Un descenso marcado en el rechazo de sales, un incremento alto del ΔP entre la alimentación y la salmuera, y un marcado descenso de la productividad del sistema. | Formaldehído ¼ a 2%.<br>Detergentes específicos: (STPP) tripolifosfato sódico, fosfato trisódico (TSP), dodecil sulfato sódico (DSS, lauril sulfato sódico). |

(*) en la Tabla 4, se exponen una serie de detergentes compatibles con los agentes químicos de limpieza de membranas

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Tabla 4

Detergentes específicos compatibles con los agentes químicos de limpieza de membranas

| Detergente | Suministrador | Detergente | Suministrador |
|---|---|---|---|
| Biz | | Decon 90 | Reino Unido |
| Ariel | Fisher Scientific | Dobanol 91/6 | Reino Unido |
| Terg-A-Zyme | Fisher Scientific | Tergitol 15/5/7 | Union Carbide Co. |
| OMO | Lever Francia | Biox | Unibound |
| Skip | Procter&Gamble US | Microdetergente | Inter. Product Group |
| Lava (60°) | Procter&Gamble Francia | Spee | Alemania |
| Dato (60°) | Henkel | Milnox 71 | Alemania |
| Xtra | Henkel | Detergente 28-77 | Alemania |
| Alconox | Alconox Inc. US | $Na_2EDTA$ | Varias Fuentes Comerciales |
| Alcojet | Alconox Inc. US | STPP | Varias Fuentes Comerciales |
| Nutex NT 600 | Nuclear Techn. Corp. | TSP | Varias Fuentes Comerciales |
| Drewsperse 738 | Drew Chemical | DSS | Varias Fuentes Comerciales |
| | | Triton X 100 | Varias Fuentes Comerciales |

Flujo de recirculación:

de 5 a 10 l/min para módulos de 2.5"
de 10 a 20 l/min para módulos de 4"
de 30 a 50 l/min para módulos de 8"

La recirculación de la disolución limpiadora siempre se hará en el sentido de operación normal de la planta, nunca en sentido contrario.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Temperatura: Lo más alta posible pero inferior a 35°C (95°F). En el caso que la temperatura de la disolución de limpieza sobrepasara los 35°C, debido a calentamiento por la bomba de recirculación, se recomienda la utilización de un sistema de refrigeración.

Tiempo de recirculación: de 0.5 y 1 hora por dos o tres veces. Es recomendable la recirculación varias veces.

Intervalo de tiempo durante el que se mantiene la disolución limpiadora empapando las membranas: de 4 a 24 horas, incluyendo los períodos de recirculación.

Se debe realizar la recirculación, y el mantenimiento de la disolución limpiadora en contacto con las membranas, de cada etapa hidráulica por separado. Los rangos de pH para las disoluciones de limpieza son los siguientes:

Tabla 5. Rango de pH en la limpieza de la membrana.

| Material de la membrana | Rango de pH |
|---|---|
| Acetato de celulosa | 2-8 |
| Polisulfona | 1-12 |
| Poliamida | 2-12 |

El volumen mínimo de disolución limpiadora recomendado es el doble del que contiene la instalación, incluyendo contenedores y tuberías. Al iniciar el lavado, se debe desechar un volumen equivalente a la mitad de la solución limpiadora, que es el equivalente al contenido en la instalación, ya que caso contrario se diluirá la disolución de limpieza.

Cuando una planta O.I. sufre una parada prolongada, por encima de las 24 horas o se sospecha que existe contaminación microbiana en algún punto de la misma, se ha de proceder con los denominados métodos de esterilización. El equipo necesario para llevar a cabo los métodos de esterilización de una planta O.I. es el mismo utilizado en los procesos de limpieza. Un procedimiento de esterilización tipo podría ser el siguiente:

Recircular por la planta O.I. agua de alta calidad, preferiblemente osmotizada, como paso previo a la esterilización.



© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Como procedimiento de esterilización propiamente dicho, se recomienda la utilización de una disolución de formaldehído (HCHO) al 0.2-0.3% (peso/volumen) con un pH entre 6 y 8 (ajustado con bicarbonato sódico), o bien una disolución de metabisulfito sódico al 0.25% (peso/volumen). En el caso de que no se pueda aplicar la disolución de formaldehído, se pueden utilizar otras disoluciones desinfectantes como por ejemplo las sales cuaternarias de amonio (cloruro de benzalconio). Algunas de éstas disoluciones han sido comercializadas por diferentes casas comerciales con distintos nombres (ejemplo: Germitol suministrado por Sanyo Chemical Ind. Ltd.).

Recircular la disolución de esterilización dos o tres veces en una hora, con intervalos de tiempo suficientemente amplios para que queden embebidas todas las superficies internas de la planta (tuberías, superficie de las membranas, etc.). En cualquier caso la temperatura no debe exceder los 35°C.

Una vez completado el proceso de esterilización, se para la recirculación y se desecha la disolución desinfectante.

Para el mantenimiento de la planta O.I., durante el tiempo que dure la parada de planta, se deja embebida interiormente de disolución desinfectante preparada de nuevo tras el proceso de esterilización. Si la parada de planta se prolongara demasiado tiempo, convendría renovar periódicamente la disolución desinfectante por otra nueva.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 2.8. Factores que afectan al rendimiento de una membrana de O.I.

El caudal de agua desalada y el rechazo de sales son los dos parámetros "llave" del rendimiento de las membranas de O.I.. A éstos les influye principalmente el resto de los parámetros variables de funcionamiento, tales como la presión de alimentación a membranas, la temperatura del agua de entrada a las membranas, la conversión y la salinidad del agua de alimentación.

En los gráficos siguientes observaremos como afectan al caudal de agua desalada y al rechazo de sales.

Por ejemplo: En la figura nº 1 aparece el rendimiento de la membrana versus la presión de alimentación. En ella se refleja que al aumentar la presión de alimentación, la salinidad del

agua desalada o permeado disminuye y el caudal de agua desalada aumenta, manteniendo los otros tres constantes.

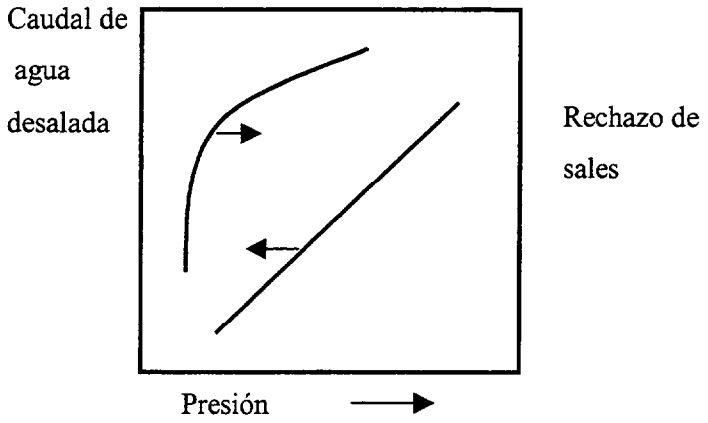



Figura nº 1 : Rendimiento versus presión de alimentación

En la figura nº 2: Se indica el efecto de la temperatura del agua de la alimentación sobre el rendimiento de la membrana, manteniendo el resto de los parámetros variables constantes. Al aumentar la temperatura, aumenta tanto el caudal de agua desalada como el paso de sales.

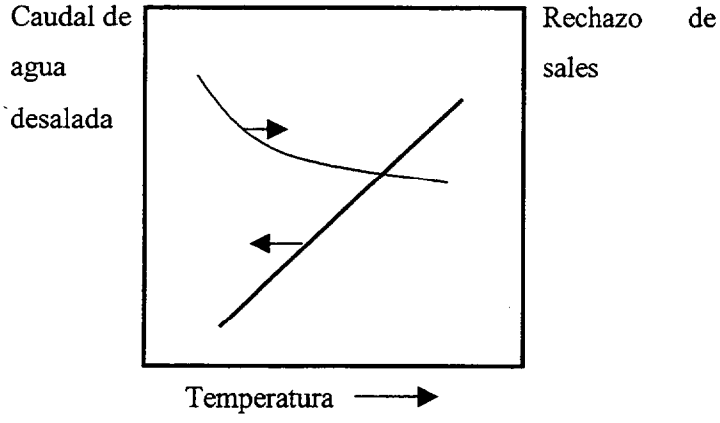



Figura nº 2 : Rendimiento versus temperatura de alimentación

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En la figura nº 3: vemos como afecta la conversión de la membrana a su rendimiento, de manera que al aumentar la conversión disminuye el caudal de agua desalada e incluso se anularía en el caso de que la presión osmótica de la concentración de sales sea mayor que la presión de alimentación. Además el paso de sales aumenta al aumentar la conversión.

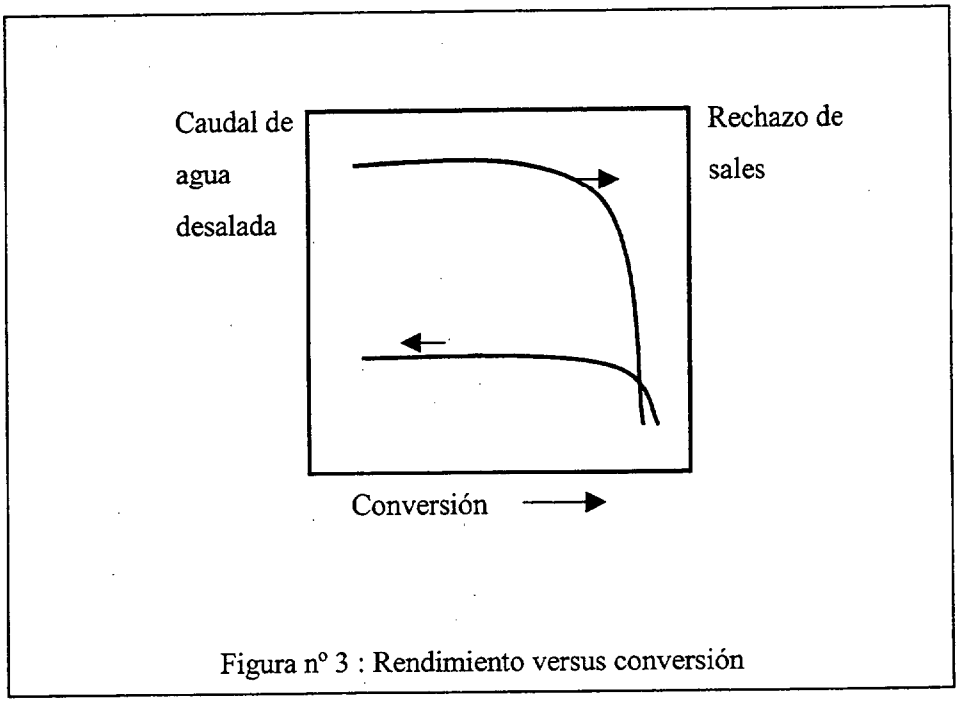



Figura nº 3 : Rendimiento versus conversión

Por último en la figura nº 4, se muestra el efecto de la concentración de sales del agua de alimentación sobre el rendimiento de la membrana. Es decir, al aumentar la salinidad del agua de alimentación disminuye el caudal de agua desalada y aumenta el paso de sales.

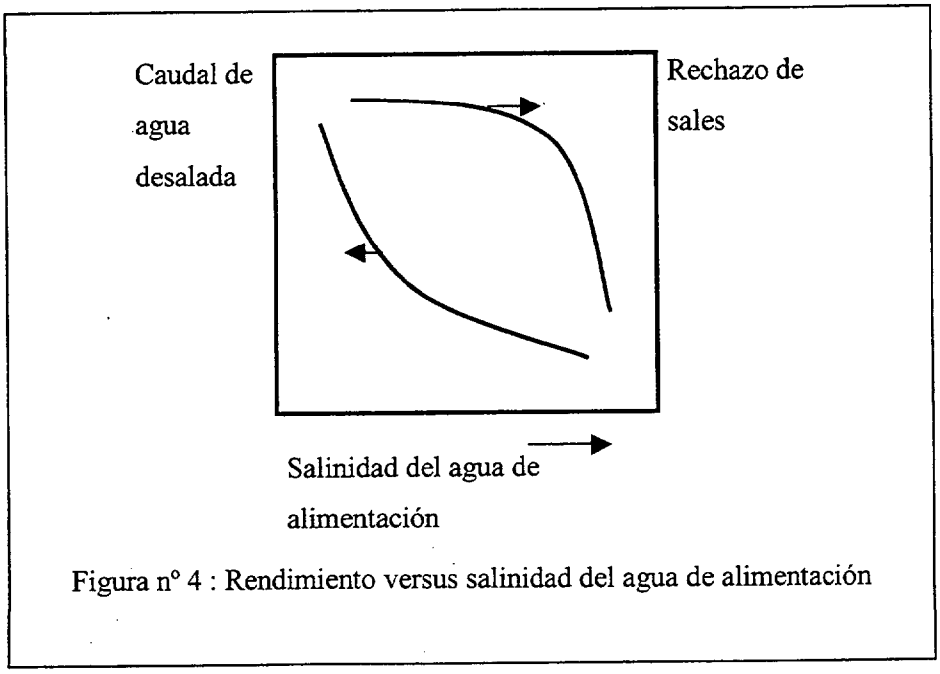



Figura nº 4 : Rendimiento versus salinidad del agua de alimentación

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 2.9. Referencias bibliográficas.

Belfort G. Ed. Syntethic Membrane Processes, Fundamentals and Water Application. Academic Press Inc. New York (1984).

Sourirajan S. Reverse Osmosis, Academic Press. New York (1970).

Mulder M. Basics principles of membrane technology. Luwer Academic Publisher (1991).

Spiegler and Laird. Principles of desalination, 2/ed. Academic Press, (1980).

Ibáñez J.A., Berna L.M., Valerdi R. Desalación por membranas. DM. Murcia (1997).

Degremont, Water treatment handbook 6/ed. Lavoisier 1991.

The Nalco Water Handbook 2/ed. McGraw Hill, 1988.

Porter M. Handbook of industrial membrane technology. Noyes Publication. 1990.

Ibáñez J.A. Fundamentos de los Procesos de transporte y Separación en membranas. Serie: Procesos de transporte y separación en Membranas (Vol 1). Universidad de Murcia, Secretariado de Publicaciones, Murcia 1990.

Laksminarayanaiah N. Transport Phenomena in Membranes. Academic Press, New York, 1972.

Rautenbach R, Albrecht R, Membrane Processes, John Wiley and Sons. Ed. New York 1989.

AWWA. Tratamiento del agua por procesos de membranas, McGraw Hill 1998.

Dupont de Nemours and Co. Permasep Engineering Manual (DEM). E.I. du Pont de Nemours and Co. USA 1982.

Filmtec. Technical Manual. Abril 1995.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 3. Objetivos Previos

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 3. Objetivos Previos.

El estado del arte en la tecnología de las membranas de Ósmosis Inversa, recogido en el capítulo anterior nos viene a indicar, en mi opinión, que a pesar de conocer las características físico-químicas e incluso bacteriológicas del agua de alimentación así cómo de su corrección inmediata a través del diseño de un sistema de pretratamiento adecuado que minimice los problemas de ensuciamiento y de incrustación en las membranas, éstas inevitablemente terminan ensuciándose o incrustándose debido a las horas de funcionamiento normal de una planta de O.I.

Aún en esas condiciones se producen pérdidas de productividad y empeoramiento de la calidad del agua desalada, por lo que es necesario realizar frecuentes limpiezas químicas a las mismas. Una limpieza química adecuada podría restablecer el rendimiento de la membrana y ampliar la vida útil de la misma. Además la frecuencia de las limpiezas químicas nos indica la eficacia o ineficacia del pretratamiento adoptado. No cabe duda de que cuanto mayor sea la frecuencia de limpieza menor será la vida útil de la membrana y mayor será la tasa de reposición en la instalación.

Sin embargo, no todas las membranas de O.I. existentes en el mercado actual tienen el mismo tipo de comportamiento ante una limpieza química determinada, ni siquiera existe un método único de limpieza química para cada tipo de agente ensuciante. Como ya es sabido, no todas las aguas brutas de alimentación a membranas son exactamente iguales, ni siquiera con el mismo tipo de captación. Por lo que cada membrana de O.I. se puede ver afectada por condiciones normalmente diferentes lo que condiciona al estudio de la limpieza química en cada caso concreto.

Existen recomendaciones generales y no actualizadas por los fabricantes de membranas para determinar cuando es necesario realizar la limpieza química, así cómo experiencias de limpiezas llevadas a cabo en instalaciones con algún problema específico de ensuciamiento.

El rápido progreso experimentado por la O.I en los últimos años, nos ha llevado a nuevos desarrollos tecnológicos tanto para equipos electromecánicos como para las membranas.

Estas últimas, por ejemplo, han conseguido dar mayor productividad por metro cuadrado de superficie de membrana, denominadas como membranas de última generación.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Sin embargo, no hay información abundante relativa a la metodología de limpieza para las membranas, de la selección de los productos químicos y detergentes a emplear, etc... produciéndome un grado de insatisfacción que finalmente generó en la búsqueda en investigación bibliográfica que se desarrolla en el capítulo siguiente.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 4. Revisión Bibliográfica

4.1. Investigación Bibliográfica

4.2. Comentarios generales de la documentación recibida.

4.2.1. Documentación acerca del ensuciamiento en las membranas de O.I.

4.2.2. Acerca de las limpiezas químicas en membranas de O.I.

4.2.3. Bibliografía comentada de libros, artículos técnicos y manuales especializados.

4.3. Frontera del conocimiento

4.4. Referencias Bibliográficas

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 4. Revisión Bibliográfica.

## 4.1. Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica ha consistido en realizar una serie de actuaciones que a continuación detallo:

1. Búsqueda y localización del Centro de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología. El Centro de Información consultado ha sido : El Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología ICYT Del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
2. Acceso al Servicio de Distribución de Bases de Datos del CSIC a través de la página web de CINDOC (http://www.cindoc.es).
3. Solicitud mediante palabras y códigos clave el acceso a los abstracts de los documentos. Se han utilizado tanto de forma individual como combinada las siguientes palabras: membranas, ósmosis inversa, limpieza, membranas de ósmosis inversa, limpieza de membranas de osmosis inversa ; así cómo los nombres de autores y años de la publicación.
4. Recepción de dichos abstracts y selección de aquéllos que tuvieran conexión alguna con la presente Tesis Doctoral.
5. Nueva solicitud al Centro de Información y Documentación para obtener los documentos seleccionados con indicación del número de acceso, el título, el autor, el tipo de documento, y el año de publicación.
6. Búsqueda y solicitud de los documentos seleccionados en revistas especializadas de habla inglesa y española:

    a) Desalination. The International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification de la editorial Elsevier. La Dirección Internet es: http://www.elsevier.nl/locate/ContentsDirect.
    b) The International Desalination & Water Reuse Quaterly.
    c) Revista de Ingeniería Química.
    d) Tecnología del Agua.Revista de la Captación, Distribución, Tratamiento y Depuración del Agua.Prensa XXI, S.A.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

7. Búsqueda y solicitud en otras bases de datos de asociaciones relacionadas con el sector de aguas: American Water Works Association AWWA. Waternet. January 1997.
8. Búsqueda y adquisición de catálogos y manuales de información de los distintos fabricantes de membranas : Dow Chemical, Hydranautics, UOP, etc..
9. Búsqueda de libros técnicos especializados tanto de habla hispana como inglesa; citando entre otros los siguientes :
   a) Degremont. Water Treatment Handbook, 6/ed, Lavoisier, 1991.
   b) The Nalco Water Handbook, 2/ed, McGraw Hill, 1988.
   c) R. Rautenbach y R. Albrecht. Membrane Processe, Wiley, 1989.
   d) Spiegler y Laird. Principles of Desalination 2/ed, Academic Press, 1980.
   e) Keith Scott. Handbook of Industrial Membranes, Elsevier Science,1995.
   f) American Water Works Association Research Foundation. Tratamiento del agua por procesos de membrana. Mc Graw Hill 1998.
   g) Oltra F y Troyano F. La Desalación y su situación en España. Publicación Científica de la Junta de Energía Nuclear. Madrid 1972.
   h) Ibañez M, Berná A, Valerdi P. Desalación por membranas. Editorial D.M. Murcia 1997.

## 4.2. Comentarios generales de la documentación recibida.

En este apartado se ha puesto especial interés en el ensuciamiento debido a contaminación orgánica, observándose que la mayor parte de la documentación recibida hace referencia a problemas de ensuciamiento encontrados en las instalaciones de ósmosis inversa, lo que les ha llevado al estudio de la causa que lo ha originado con recomendaciones posteriores de control y determinaciones previas a la limpieza química de las membranas.

En cuanto a las limpiezas químicas, hay que destacar que solamente se aconseja la utilización de determinados productos químicos para aquellas membranas que presenten los mismos síntomas que los relatados.

No se ha encontrado documentación alguna específica sobre una metodología universal para llevar a cabo una limpieza química en las membranas de ósmosis inversa.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

### *4.2.1. Documentación acerca del ensuciamiento en las membranas de O.I.*

La revisión bibliográfica acerca del fenómeno del ensuciamiento en membranas de ósmosis inversa es:

Comenzamos por definir el bioensuciamiento que es la formación de una biocapa que da como resultado un grado inaceptable de pérdida del rendimiento del sistema (Characklis, 1990b, 1991).

La formación de la película (biofilm) implica acumulación de microorganismos, tales como bacterias, hongos, microalgas, etc., en una interfase y su transporte puede ocurrir pasivamente por difusión, sedimentación por gravedad o convección fluida (De Weger et al, 1987).

Las bacterias se acumulan sobre las superficies de las membranas por dos procesos: 1) agregación mediante adhesión, adsorción y 2) crecimiento o multiplicación celular. La adhesión es un prerrequisito para la formación de la película e implica unas acciones de deposición entre el sustrato del polímero sintético y las estructuras adhesivas o macromoléculas como proteínas (De Graaf y Mooi, 1986).

En el tratamiento de grandes volúmenes de agua en el tiempo más breve posible se requiere maximizar el contacto físico entre el agua de alimentación y el polímero de la membrana. Si el tiempo de contacto tiene una duración suficiente, segundos, las bacterias pueden agregarse y crecer en la biomembrana (Costerton et al, 1985; Fleming y Schaule, 1988b; Marshall y Blayney, 1991).

El bioensuciamiento de las superficies de membrana es más problemático que el ensuciamiento coloidal abiótico o el depósito mineral, ya que las células agregadas se multiplican en una progresión geométrica, utilizando las trazas de nutrientes suministradas en forma continua por el agua de alimentación. Una sola bacteria que entra en una membrana puede dar lugar a un bioensuciamiento extensivo si la velocidad de crecimiento de la población inmóvil es alta.

La biocapa bacteriana presenta una adhesión dinámica, en la que el depósito en la membrana aumenta con el tiempo debido a la biosíntesis de polímeros extracelulares adherentes. Estos biopolímeros son producidos frecuentemente en grandes cantidades que



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

envuelven completamente las células en un gel hidratado (Allison y Sutherland, 1984; Fleming et al., 1992).

Esta matriz tipo gel se denomina glicocáliz capa fangosa, cápsula o sustancia polimérica extracelular SPE (Costerton e Irvin, 1981; Geesey 1982).

La SPE bacteriana consta de heteropolisacáridos ácidos con carga neta negativa y aumenta la supervivencia y robustez de los microorganismos de la biocapa sirviendo como una barrera reactiva químico-difusional del transporte, retardando el flujo convectivo y reduciendo la penetración de agentes antimicrobianos como el cloro (Bryers, 1993; Cargill et al., 1992; Characklis, 1990a, 1990b, 1991; Costerton et al., 1987).

Las bacterias de la biocapa obtienen carbono y energía para el crecimiento a partir de la materia orgánica disuelta en el agua de alimentación (Huck, 1990; Van der Kooij, 1992).

La materia orgánica y otros nutrientes se concentran en el interior de la matriz de SPE, debido a su carga electroestática inherente y a la gran relación superficie/volumen. De esta manera las características del bioensuciamiento capacitan a los microorganismos para sobrevivir y multiplicarse incluso en ambientes con concentraciones de nutrientes extremadamente bajas (Bryers, 1993; Geesey et al., 1978; Patterson et al., 1991).

Hay numerosos métodos disponibles para detectar e identificar los materiales ensuciantes de las membranas, que incluyen la microscopía electrónica de barrido (MEB), la microscopía óptica, la microscopía electrónica de transmisión (MET), microscopía atrónica (MA), espectroscopia de emisión por fluorescencia de rayos X, reflexión total atenuada de Fourier y espectrometría de transformación infrarroja (RTAF-ETIR), microanálisis por energía dispersiva de rayos X (MEDX) y espectroscopia de Auger (Amjad et al., 1988; Isner y Williams, 1993).

Las biocapas se desarrollan degradando el rendimiento del sistema y actúa sobre los costes de mantenimiento (Fleming et al., 1992; Pittner, 1993a; Taylor et al., 1989).

Los síntomas de pérdida de caudal con una cinética de doble fase, inicialmente con una mayor caída de caudal y posteriormente de forma más lenta, así como un mayor consumo de energía están relacionados con el bioensuciamiento de las membranas (Fleming 1993; Ridgway et al., 1981).



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

El desarrollo de la biocapa aumenta la resistencia a la fricción del fluido, ya que el agua se transporta tangencialmente a la superficie de la membrana dando como resultado una mayor presión diferencial. Si esta se excede del valor permisible dado por el fabricante, las membranas adyacentes dentro de un tubo de presión pueden sufrir el efecto telescópico (Bryers, 1993; Fleming, 1993; Lepore y Ahlert, 1988; Ridgway, 1987, 1988).

Las biocapas también se forman en otros componentes de las membranas, incluyendo las superficies de permeado de las membranas de flujo cruzado, los tejidos textiles de soporte, material del colector del permeado y los materiales espaciadores de la membrana. Las bacterias sobre la superficie de permeado pueden desprenderse o encenagarse, dando una contaminación microbiana del permeado (Frith, 1988; Mittleman, 1991).

Las bacterias, hongos y otros microorganismos que componen las biocapas pueden, directamente (vía enzimas) o indirectamente (vía pH localizado o cambios de potencial redox), degradar el polímero de la membrana (Fleming et al., 1992; Ho et al., 1983; Ridgway, 1988; Sinclair, 1982).

Hay evidencias claras sobre la biodegradación directa de las membranas de ósmosis inversa de acetato de celulosa, véase Gross et al., 1993; Gilmore et al., 1992; Sinclair, 1982; Kutz et al., 1985b, 1986.

No existen informes que relacionen y documenten por ahora la biodegradación de las membranas de poliamida.

Entre las setenta instalaciones americanas de O.I. supervisadas por Paul (1991), en cincuenta y ocho de ellas se encontró que había problemas de ensuciamiento de las membranas, de las que en 28 de ellas aparece el fenómeno del bioensuciamiento.

Muchas instalaciones de desalación de agua de mar han sido afectadas por el bioensuciamiento de las membranas, citando por ejemplo Ras Abu Jarjur en Bahrain, Saint Croix en las Islas Vírgenes (Ahmed et al., 1989; Mindler y Bateman, 1980).

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

### 4.2.2. Acerca de limpiezas químicas en membranas de O.I.

La revisión bibliográfica acerca de limpieza química de membranas, es en general escasa, y se han incluido toda la documentación bibliográfica existente para cualquier tipo de ensuciamiento. Veamos lo que sugieren algunos autores:

Kapiloff Anita y Hatch Randolph (1982) en su artículo, tipo de limpieza en membranas de O.I. hacen un repaso a los principales tipos de ensuciamiento que se producen en las membranas de ósmosis inversa.

Para la prevención de la precipitación de calcio y/o magnesio se aconseja usar el hexametafosfato sódico y/o acidificar el agua con ácido sulfúrico hasta pH = 4.0.

Continúa con otra recomendación de eliminar el sulfato cálcico y del fosfato cálcico precipitado, mediante una limpieza química combinada de ácido cítrico e hidróxido amónico a pH = 8.

Para eliminar el ensuciamiento orgánico, sugiere la limpieza con una solución de sosa caústica a pH = 11 acompañado de un detergente enzimático conocido como BIZ, fabricado por la compañía Proctor and Gamble.

Para eliminar el ensuciamiento coloidal causado por los silicatos, se suele usar una solución de ácido cítrico e hidróxido amónico a pH = 4.

La precipitación del hidróxido férrico en la superficie de la membrana, se puede eliminar con una limpieza de ácido cítrico e hidróxido amónico a pH = 4.

Finalizan los autores, que en general las membranas sufren de la agresividad de las distintas limpiezas químicas y que la eficacia de las mismas es en muchos casos insuficiente. Proponen una formulación de productos para eliminar las impurezas de la membrana que no tenga precipitados de hierro.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| Esta formulación es: | Peso |
|---|---|
| Fosfato monobásico sódico | 10 – 40 % |
| Fosfato dibásico sódico | 10 – 40 % |
| Ácido cítrico | 0 – 60 % |
| Ácido málico | 0 – 60 % |
| Ácido sulfámico | 0 – 60 % |
| Renex 30<br>(detergente no iónico con marca registrada) | 0.1 - 5% |

Esta formulación es adecuada para limpiezas de membranas sucias debido a incrustaciones de calcio, magnesio, silicatos y arcillas coloidales.

Jacob Block (1977) por encargo de la oficina del Instituto Tecnológico del Agua, en su artículo "Desarrollo de productos económicos de limpieza de membranas" estudio primero a nivel de laboratorio y posteriormente con ensayos reales la eliminación de precipitados de calcio en membranas de acetato de celulosa. Este autor encontró que una combinación de EDTA, bicarbonato sódico y un surfactante a base de fluoruro de carbono era más efectiva que la utilización por sí solo del EDTA. También encontró que para eliminar la sílice era muy eficaz el bifluoruro amónico y para el hierro el hidrosulfito sódico.

Los autores Johnson and Leahy (1982), realizaron un estudio de nuevas técnicas de desarrollo para la limpieza de membranas de ósmosis inversa, por encargo de Dow Chemical Company para su membrana DOWEX RO-4K con una configuración de fibra hueca.

Las técnicas de limpieza utilizadas son:

- Desplazamiento en la dirección del flujo de agua producto a baja presión.
- Desplazamiento en contracorriente con agua producto.
- Mantener una contrapresión en el lado del permeado o agua producto.
- Vibración con ultrasonido en el lado del permeado.
- Drenaje con aire y agua. Esta técnica es una patente de la Compañía Eastman Kodak y consiste en introducir aire para vaciar totalmente de agua el conducto del permeado y a continuación llenado con agua dulce proveniente del desplazamiento.
- Formación de burbujas de aire en el flujo de agua dulce para el desplazamiento.
- Formación de gas $CO_2$ en el permeado.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

El autor en sus conclusiones, comenta que de todas las técnicas usadas, la de flujo con agua dulce a contracorriente ha resultado la más eficaz.

Los autores Amjad, Workman y Castete hacen un repaso a la gran variedad de aplicaciones en la que la tecnología de la ósmosis inversa es usada en la industria, tales como la industria electrónica para la fabricación de los semiconductores, industria farmacéutica, cosmética, alimentación, reutilización de aguas residuales, producción de agua potable a partir de agua de mar y de agua salobre.

La viabilidad económica de dichas industrias están sujeta al grado de permeabilidad y a la vida útil de la membrana. Existen estudios que han demostrado que la eficiencia del sistema de O.I. depende del mantenimiento de la membrana en condiciones de ensuciamiento. Existe una gran experiencia en ensuciamiento de membranas por depósitos. En muchos casos, éstas tienen el comportamiento siguiente: disminuyen la producción unitaria del flujo de agua permeada y por tanto su eficiencia, así cómo pérdida de producción en la instalación y consecuentemente reemplazo de las membranas para restablecer las condiciones de funcionamiento. Por tanto, la prevención para evitar el ensuciamiento de las membranas es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la O.I. Hay que tener en cuenta que el ensuciamiento puede ocurrir en pocos minutos y el agente ensuciante se puede depositar y acumular en la superficie de la membrana, causando en algunos casos un deterioro irreversible de la membrana, lo que daría lugar a un reemplazo.

A pesar de la eficacia del pretratamiento empleado en cabecera del sistema, debe contemplarse la posibilidad de la limpieza química de las membranas cómo una operación más del mantenimiento y explotación de una instalación.

Los problemas de fallo en las membranas pueden ser causados por condiciones mecánicas y/o químicas. Un ejemplo de un inadecuado pretratamiento es la precipitación por incrustación que se adhiere al canal distribuidor de salmuera destruyendo la capa activa del permeado. Otros ejemplos de ensuciamiento típico de las membranas son por bacterias sulfato reductoras de hierro, materia orgánica, carbonatos, etc.

Las técnicas normalmente usadas para eliminar los depósitos y/o ensuciamientos incluyen las limpiezas mecánicas, químicas y combinaciones de éstas.

Las limpiezas químicas utilizan agentes químicos que reaccionan con los depósitos y/o ensuciamientos, incrustaciones, etc., y se dividen en cuatro categorías:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Ácidos. Se usan normalmente los ácidos orgánicos e inorgánicos. Los más frecuentes son el ácido clorhídrico, fosfórico, sulfúrico, oxálico, cítrico, sulfámico, etc.

El carbonato cálcico, incrustación típica en las membranas de O.I., es el más fácil de eliminar y se puede hacer por dos métodos. El primer método es acidificar el agua de alimentación hasta valores de pH de 3-4 durante un tiempo suficiente, normalmente de 30-60 minutos. El segundo método es la utilización de una solución ácida en recirculación cuando la instalación está fuera de servicio. Se suele usar indistintamente el ácido clorhídrico o el sulfúrico sin alcanzar el límite de un pH de 2.5.

En ocasiones se usa una solución de ácido fosfórico ajustada a un pH de 2. En cualquier caso, hay que prever el resto de condiciones tales como la temperatura y rangos de pH de las membranas a limpiar.

El ácido cítrico (ácido tricarboxílico, 2 hidroxi-1,2,3-propano) es otro muy usado tanto para eliminar las incrustaciones por carbonato cálcico cómo las de hierro, pero que puede formar una sal de ion ferroso que tiene límites de solubilidad. Esto sucede igualmente con otros ácidos orgánicos cómo el ácido tártarico, acético, fórmico, etc.

El ácido sulfámico es también usado por su menor corrosividad, facilidad de transporte y ausencia de vapores de ácido, pero tiene un coste económico mayor y una reacción lenta.

El ácido oxálico es muy útil en la eliminación de la precipitación por hierro, aunque sin embargo forma sales de calcio que tienen una pobre solubilidad.

En general, los ácidos son eficaces para eliminar las incrustaciones del ion calcio, tales como carbonatos cálcicos, fosfatos cálcicos, óxidos de hierro y sulfuros metálicos. Sin embargo tienen una limitación para eliminar la sílice y los silicatos metálicos. A su vez no son eficaces para eliminar el ensuciamiento biológico y orgánico.

Álcalis. Las soluciones de limpieza alcalina tales como los fosfatos, carbonatos e hidróxidos funcionan como detergentes que emulsifican y dispersan al ensuciamiento. La detergencia de los agentes alcalinos se incrementa con la adición de agentes surfactantes.

Quelantes. Se suele añadir agentes quelantes a las soluciones ácidas y alcalinas. Los más comunes son el ácido etilen diamino tetracético (EDTA), ácido fosforocarboxílico, ácido



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

glucónico, ácido cítrico. Por ejemplo, el ácido glucónico es efectivo en la eliminación del ion $Fe^{+++}$ en solución alcalina. El EDTA es más efectivo que el ácido cítrico para formar soluciones complejas con calcio, magnesio, hierro y bario.

Algunas formulaciones genéricas para limpieza de membranas según la BFGoodrich Company son las siguientes:

| Formulación de | Incrustaciones | Coloides | Biológico |
|---|---|---|---|
| Ácido clorhídrico al 0.5 % en peso | X | | |
| Ácido cítrico al 2 % en peso con hidróxido amónico (pH= 4) | X | | |
| Ácido fosfórico al 0.5 % en peso | X | | |
| Hidróxido sódico a pH = 11-11.9 | | X | X |
| Fosfato trisódico al 1% en peso, EDTA $Na_4$ al 1% en peso e Hidróxido sódico hasta pH = 11.5-11.9 | | X | X |
| Hidrosulfito sódico al 1 % en peso. | X | | |
| Ácido cítrico al 2.5 % y bifluoruro amónico al 2.5 % en peso | X | X | |

Los criterios de selección para la limpieza de la membrana, según los autores son:

- Necesidad de equipos para efectuar la limpieza de membranas y su dimensionamiento.
- Tipo de membrana y compatibilidad del producto de limpieza.
- Calidad de los materiales de la instalación.
- Identificación del ensuciamiento.
- Estudio económico incluyendo la descarga del mismo su acondicionamiento para no perjudicar el medio ambiente.

Los parámetros determinantes para proceder a efectuar una limpieza de membranas son:

- Merma de la producción normalizada del agua producto en un 15 %.
- Incremento en el paso de sal normalizado del agua producto en un 50 %.
- Incremento en la presión diferencial corregida de un 15 %.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En cuanto a los aspectos necesarios de control y determinación previa a la limpieza de membranas, se enumeran los siguientes:

- Verificación de la instrumentación de control y calibración de los equipos de medida.
- Repaso al comportamiento histórico de datos, previa normalización de los mismos.
- Evaluación potencial de problemas mecánicos y químicos, tales como juntas tóricas dañadas, fallo de bombas, altas dosificaciones de productos químicos, etc.
- Comparación de la analítica del agua en las tres corrientes: agua de alimentación, salmuera y producto con el criterio de diseño, efectuando un balance de masas.
- Identificar el ensuciamiento a través de la observación y análisis de los filtros de cartucho para pretratamiento del agua de alimentación, además del estudio del SDI.
- Realizar autopsias a las membranas de forma destructivas si fuese necesario.

Veamos ejemplos típicos de ensuciamiento y sus consecuencias.

| Tipo de ensuciamiento | Descripción | Consecuencias | Método de control |
|---|---|---|---|
| INCRUSTACIÓN | Precipitación de sales solubles minerales causadas por la concentración de sales en la corriente de alimentación y de salmuera | - Mayor pérdida de rechazo de sal.<br>- Incremento de la presión diferencial.<br>- Ligera pérdida de producción.<br>- Se origina en el final del tubo de presión. | - Menor conversión.<br>- Ajuste de pH.<br>- Usar un inhibidor antiincrustante.<br>- Limpiar con Edta y ácido cítrico. |
| ARCILLAS COLOIDALES | Aglomeración de materia suspendida en la superficie de la membrana. | - Rápido incremento de la presión diferencial.<br>- Moderada pérdida de producción.<br>- Moderada pérdida de rechazo de sal.<br>- Se origina al principio de cada tubo de presión. | - Filtración.<br>- Estabilización de la carga.<br>- Mayores flujos de caudal de alimentación y salmuera.<br>- Limpieza con Edta y STP a pH elevado.<br>- Menor conversión. |



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | | | |
|---|---|---|---|
| BIOLÓGICO | Formación de una capa nutriente en la superficie de la membrana para el desarrollo de las bacterias. | - Rápida pérdida de producción.<br>- Moderada pérdida de rechazo de sal.<br>- Incremento de la presión diferencial.<br>- Se origina muy lentamente. | - Adicionar SBS.<br>- Clorar con o sin carbón activo.<br>- Limpieza con detergentes a pH elevados.<br>- Desinfección por choque con formaldehído, agua oxigenada, ácido peracético. |
| ORGÁNICO | Ataque de especies orgánicas a la superficie de la membrana. | - Rápida pérdida de producción.<br>- Moderado incremento en el rechazo de sal y en la presión diferencial. | - Filtración por GAC.<br>- Limpieza sin éxitos. |

Por último, dichos autores recomiendan el siguiente procedimiento general de limpieza química :

1. Desplazamiento de la unidad de membranas con agua osmotizada durante quince minutos a 50 psi y a un 75 % del máximo de flujo permitido según el diámetro de la membrana. Limpiar etapa a etapa.

2. Preparar la solución de limpieza de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Asegurarse de que los productos de limpieza son miscibles y ajustar el pH y la temperatura.

3. Bombear la solución de limpieza a través de la unidad y drenar la misma al 75 % del flujo máximo. Una vez que la solución de limpieza esté drenando, parar la bomba y cerrar las válvulas. Dejar en remojo la solución durante quince minutos.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

4. Repetir el paso 3 dos veces. Monitorizar el gasto de solución de limpieza por colorimetría. Si no ha cambiado de color, continuar con el paso 3 hasta que cambie.

5. Recircular la descarga al tanque de limpieza durante 45 minutos una vez finalizado con el paso 3.

6. Drenar la descarga y el producto. Vaciar el tanque de limpieza.

7. Desplazar la unidad con agua osmotizada durante 15 minutos a un flujo moderado, del orden del 50% del máximo a una presión de 50 psi. Mantener la temperatura por encima de 20 °C para prevenir precipitados de detergentes.

8. Continuar desplazando con agua permeada a alto flujo de caudal durante 30 minutos.

Antes de parar, chequear la corriente de salmuera para contrastar lo siguiente:

- El pH de la salmuera es una unidad menos del pH de la alimentación.
- La conductividad de la salmuera es 100 microsiemens/cm menos de la de la alimentación.
- La descarga no tiene espumas.

Si éstas tres condiciones se dan, la limpieza ha concluido.

9. Consultar con el suministrador y/o fabricantes de información adicional requerida.

Ebrahim (1994) efectúa una interesante revisión de los diversos métodos de limpieza existentes:

- Físicos. Lavado con agua en corriente directa o contracorriente, contrapresión del producto, vibración, drenaje con aire y relleno con agua pura, burbujeo de aire, contrapermeado con $CO_2$, lavado con esponjas de goma en membranas tubulares.
- Químicos. Lavados de las membranas con diversas combinaciones de reactivos, p.e. detergente básico alternado con ácido peracético y agua oxigenada, EDTA y ácido cítrico estabilizado con amoniaco, productos de propietario como Floclean, y otros. En algunos casos seguidos de



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

recuperadores de membrana (polivinil metil éter conocido como PT-A y ácido tánico conocido como PT-B).

- Físico-Químicos. Combinados de los dos anteriores.

Los tipos de suciedad que se pueden encontrar en las membranas son:

- sólidos en suspensión,
- coloides (sílice, derivados de Al y Fe usados como floculantes,...), óxidos metálicos (Fe, Mn, ..),
- incrustaciones (precipitados de sales inorgánicas, como por ejemplo sulfato y carbonato cálcicos),
- limo biológico (algas, productos derivados del uso de biocidas orgánicos,...),
- productos orgánicos,
- aceites y grasas.

Otros autores como por ejemplo Traegaardh (1989) concluyen que los métodos de limpieza son de prueba y error. Falta un mejor conocimiento del mecanismo de limpieza, y en concreto de la acción del agente limpiador sobre la suciedad.

Graham et al (1989) detallan los casos en que se debe lavar (cuando hay descenso en productividad, o en la presión neta efectiva, o un aumento en la pérdida de carga).

Los pasos a seguir en el estudio de estos problemas serían la identificación o caracterización de la suciedad, la selección del agente limpiador, y la evaluación de la limpieza (comparando el funcionamiento de la membrana antes y después de la limpieza).

Amjad (1989) detalla algunas experiencias realizadas, y las técnicas complejas de identificación de depósitos empleadas: difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, espectroscopia infrarroja, microscopia óptica, microscopia electrónica de barrido, rayos X con dispersión de energía, absorción atómica.

Amjad et al (1993) establecen los criterios generales de selección de agente limpiador, el procedimiento habitual de limpieza, así como procedimientos generales para rejuvenecimiento y esterilización de membranas, además de incluir algunos casos concretos.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Hickman (1991) incide en similares argumentos, añadiendo que la mejor técnica de caracterización de suciedad es la autopista de la membrana. Sin embargo este es un ensayo destructivo, que no puede ser utilizado a escala comercial en una planta industrial.

Otras referencias bibliográficas dan cuenta de experiencias concretas, como Whittaker et al (1984) que realizó una evaluación de cinco clases de productos químicos para eliminar la biopelícula formada en membranas espirales, con dosis altas o bajas de cloro. Los tratamientos eran con surfactantes y detergentes, agentes caotrópicos, bactericidas, enzimas y antiprecipitantes.

La evaluación se realizó con microscopio electrónico de barrido, mediante recuento de bacterias sobrevivientes al tratamiento. Los productos más efectivos fueron la combinación de urea con dodecil sulfato de sodio (SDS).

Siler (1992) realizó experiencias con NaOH y un producto alcalino de propietario Filmtec.

A ello habría que añadir los trabajos de Dudley y otros (1995), realizados por un fabricante de productos de limpieza.

Hickman (1989) comenta los avances tecnológicos que han experimentado las membranas de ósmosis inversa de alto rechazo, que inicialmente eran de 375 galones/día y 97 % de rechazo de sal para pasar a 1800 galones/día y 98 % de rechazo de sal. Termina acerca de las recomendaciones a tener en cuenta sobre los productos de limpieza para que no afecten a la superficie de la membrana, cómo es el caso de los surfactantes catiónicos que ablandan el soporte de polisulfona usado en la configuración de arrollamiento en espiral. Específica también el límite máximo de temperatura para la limpieza que es de 49°C y las presiones máximas en los caudales específicos de flujos de limpieza, que en el caso de membranas de arrollamiento en espiral es de 60 psi y de 150 psi para las de fibra hueca.

Ebrahim y Malik (1987) cuentan las experiencias realizadas con tres tipos de membranas sometidas al mismo pretratamiento, en Kuwait. Concluye que el tipo de ensuciamiento que se produce en las mismas a pesar de ser de idénticas características, varían las condiciones y metodología de la limpieza en cada uno de ellos.

Mohammed Farooque (1997) realiza un estudio sobre el tipo de ensuciamiento, su autopsia y rendimiento para cinco diferentes membranas de agua de mar en la planta de Al-



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Jubail, concluyendo que utilizando el mismo tipo de limpieza y metodología se observa que, los rendimientos en cuanto a salinidad y productividad son distintos.

Las dos últimas aportaciones bibliográficas son recientes, la primera es de los autores Baker y Dudley (1998) donde estudia el biofouling en las membranas mediante prácticas reales de autopsia. La segunda del autor Veza (1998) acerca de los métodos de limpieza para membranas de ósmosis inversa.

Como se ha podido leer, en general existe poca literatura sobre métodos de limpieza, y la existente se basa generalmente en experiencias referidas a las recomendaciones de los fabricantes de membranas. En éste capítulo de la Tesis Doctoral se revisa la literatura disponible sobre diversos casos concretos, para llegar a la conclusión de que:

- la limpieza es esencial para mejora el rendimiento.
- los métodos químicos son los mas utilizados para la limpieza, aunque sus resultados no son siempre favorables.
- el éxito en una determinada aplicación no implica el mismo éxito en otros casos.
- no hay una técnica definida o generalizada de limpieza.
- los métodos físicos no están extendidos, salvo los lavados con agua de producto (flushing) entre limpiezas cuando se utilizan diferentes productos químicos.
- a esto habría que añadir que hay alguna experiencia aislada y reciente sin documentar sobre limpieza física con burbujeo de aire.

### *4.2.3. Bibliografía comentada de libros, artículos técnicos y manuales especializados.*

He creído importante recoger en el anexo bibliográfico los libros, artículos y manuales técnicos de los distintos fabricantes de membranas consultados, por su especialización y su gran utilidad en la elaboración de ésta Tesis Doctoral, sin olvidar otros que me han permitido profundizar en el tema y que se recogen en las referencias bibliográficas de cada capítulo.

Mención especial tienen los siguientes :



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

1) La Desalación y su situación en España.
2) Desalación por membranas.
3) Tratamiento del agua por procesos de membrana.
4) Handbook of Industrial Membranes .
5) Varios artículos técnicos de autores españoles.
6) Manuales técnicos informativos de membranas.

## 4.3. Frontera del conocimiento

Del conocimiento adquirido mediante el estudio pormenorizado de toda la investigación bibliográfica consultada, he de comentar lo siguiente :

La vida útil de la membrana es un aspecto importante a tener en cuenta en una instalación de O.I.. Esta depende de varios factores, su composición química, materiales, proceso de fabricación, etc ., así como de la calidad del agua de alimentación y del tipo y frecuencia de la limpieza química.

No se ha encontrado documentación bibliográfica acerca de los aspectos relacionados con la vida útil de la membrana, tampoco se han encontrado respecto al mecanismo de ensuciamiento o de incrustación así cómo de las reacciones químicas que se producen durante el proceso de la limpieza.

En otras palabras, desconocemos de que manera se va produciendo el ensuciamiento y las reacciones químicas del proceso que tiene lugar en la membrana cuando se la somete a una limpieza con productos químicos.

Sin embargo, conocemos la composición química de las membranas, los materiales empleados en la fabricación de las mismas y los indicadores que afectan al rendimiento. Mediante técnicas de análisis podemos prever que tipo de limpieza química hay que aplicar con ensayos previos para optimizar la dosis de productos químicos.

Estas limitaciones del conocimiento aludidas, sin embargo no parecen afectar gravemente a las instalaciones que funcionan con membranas de ósmosis inversa, las cuáles realizan en ocasiones limpiezas químicas condicionadas por una serie de aspectos que relaciono a continuación:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

- Es muy frecuente acortar los ciclos de limpieza debido a la merma de producción que se produce durante una parada por limpieza. Incluso en ocasiones hay que añadirle la nula disponibilidad del agua que tanto necesita el usuario, así cómo el aumento de costes de explotación.

- El desconocimiento a priori del agente ensuciante.

## 4.4. Referencias bibliográficas

Characklis, N.G., 1990b, "Microbial Biofouling Control" in W.G. Characklis and K.C. Marshall (eds.), Biofilms, John Wiley & Sons, New York, pp 585-634.

Characklis W.G., 1991, "Biofouling: Effects and Control" in H-C. Flemming and G. Geesey (eds.), Biofoulig and Biocorrosion in Industrial Water Systems, Springer Verlag, Berlin pp 7-27.

De Weger L.A., C.I.M. van der Vlugt, A.H.M. Wijfes, P.A.H.M. Bakker, B. Schippers and B. Lugtenberg, 1987, "Flagella of a Plant-Growth-Stimulating Pseudomonas fluorescens strain are required for colonization of potato roots", J. Bacteriol. 169: 2769-2773.

De Graaf F.K. anf F.R. Mooi, 1986, "The Fimbrial Adhesins of Estherichia coli", Ads. Microbial Physiol, 28: 65-143.

Costerton J.W., T.J. Marrice and K,J, Cheng, 1985, "Phenomena of Bacterial Adhesion" in D.C. Savage and M. Fletcher (eds.) Bacterial adhesion: Mechanisms and Physiological significance, Plenum Press, New York, pp 3-43.

Flemming H.C. and G. Schaule, 1988b, "Investigations on Biofouling of Reverse Osmosis and Ultrafiltration Membranes: Part I: Initial Phase of Biofouling", Von Wasser, 71: 207-223.

Marshall K.C. and B.L. Blainey, 1991 "Role of Bacterial Adhesion in Biofilm Formation and Biocorrosion", in H-C. Flemming and G.C. Geesey (eds.), Biofouling and Biocorrosion in Industrial Water Systems, Springer-Verlag, Berlin pp 29-46.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Allison, D.G. and I.W. Sutherland, 1984, "A Staining Technique for Bacteria and its Correlation to Extracellular Carbohydrate production", J. Microbiol Methods 2: 93-99.

Flemming, H-C., G. Schaule and R. McDonogh, 1992, "Some seconds thoughts about Biofouling", Proc. International Membrane Science and Technology Conference. November 10-12, 1992, University of New South Wales, Sydney, Australia, pp 244-247.

Costerton J.W. and R.T. Irvin, 1981. "The Bacterial Glycolalyx in Nature and Disease". Ann. Rev. Microbiol. 35: 299-324.

Geesey G.C., M.W. Stupy and P.J. Bremer, 1992, "The Dynamics of Biofilms", International Biodeterioration & Biodegradation, 30: 135-154.

Bryers J.D., 1993. "Bacterial Biofilms", Curr. Opinion Biotechnol, 4: 197-204.

Cargill K.L., B.H. Pyle, R.L. Sauer and G.A. McFeters, 1992, "Effects of culture conditions and Biofilm Formation on the iodine Susceptibility of Legionella pneumophila", Can. J. Microbiol. 38: 423-429.

Characklis, W.G. 1990a, "Biofilm Processes" in W.G. Characklis and K.C. Marshall (eds.), Biofilms, John Wiley & Sons, New York, pp 195-232.

Costerton, J.W., K.J. Cheng, G.C. Geesey, T.I. Ladd, J.C. Nickel, M.Dargupta and T.J. Marrie, 1987, "Bacterial Biofilms in Nature and Disease", Ann. Rev. Microbiol. 41. 435-464.

Huck, P.M., 1990, "Measurement of Biodegradable Organic Matter and Bacterial Growth Potential in Dirnking Water". J. Amer. Water Works Assoc. 82: 78-86.

Van der Kooij D. 1992, "Assimilable Organic Carbon as an Indicator of Bacterial regrowth". J. Amer. Water Works Assoc., 84: 57-65.

Geesey, G, R. Mutch and J.W. Costerton, 1978. "Sessile Bacteria: An Important Component of the microbial population in small mountain streams", Limmol oceanograph. 23: 1214-1223.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Patterson, M.K., G.R. Husted, A. Rutkowski and D.C. Mayette, 1991, "Isolation, Identification and Microscopic Properties of Biofilms in High Purity water distribution systems". Ultrapure wat. 8: 18-24.

Amjad, Z., J.D. Isner and R.C. Williams, 1988, "Reverse Osmosis: The Role of Analytical Techniques for identifying Reverse Osmosis Foulants" in Z. Amjad (ed.). Reverse Osmosis: membrane technology, Water Chemistry and Industrial Applications, Van Nostrand, Reinhold, New York, pp 237-274.

Pittner, G.A., 1993a, "The economics of desalination processes", in Z. Amjad (ed.), Reverse Osmosis: membrane technology, Water Chemistry and Industrial Applications, Van Nostrand, Reinhold, New York , pp 76-103.

Taylor, J., L.A. Mulford, S.J. Duranceau and W.M. Barret, 1989, "Cost and performance of a membrane pilot plant", J. Amer. Water Works Assoc, 81: 52-60.

Flemming, H-C, G.Schaule and R.C. McDonogh, 1993, "How do performance parameters respond to initial biofilm formation on separation membranes?". Von Wasser 80: 177-186.

Ridgway, H.F., D.G. Argo and B.H.Olson, 1981, "Factors influencing biofouling of reverse osmosis membranes at Water Factory 21: chemical, microbiological and ultrastructural characterization of the fouling layer", Vol III-B, final report prepared for U.S. Deparment of Interior, Office of Water Research and Technology, contract nº 14-34-0001-8520, Washington, D.C.

Lepore, J.V. and R.C. Ahlert, 1988, "Fouling in membrane processes", in B.S. Parekh (ed.), Reverse Osmosis Technology: application for high-purity water production, Marcel Dekker, New York, pp 141-184.

Ridgway H.F., 1987. "Microbial Fouling of reverse osmosis membranes: genesis and control" in M.W. Mittleman and G.C. Geesey (eds.). Biological Fouling of Industrial water systems: A problem solving approach, water micro associates, San Diego, Calif, pp 138-193.

Ridgway H.F., 1988. "Microbial Adhesion and Biofouling of Reverse Osmosis Technology: applications for high-purity water production, Marcel Dekker, New York, pp 429-481.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Frith C.E., 1988, "Electronic-grade water production using reverse osmosis technology", in B.S. Parekh (ed.). Reverse Osmosis Technology: applications for high purity water production, Marcel Dekker, New York, pp 279-310.

Mittleman M.W., 1991, "Bacterial Growth and Biofouling control in purified water systems", in H-C. Flemming and G.C. Geesey (eds.), Biofouling and Biocorrosion in industrial water systems, Sprinker-Verlag, Berlin. pp 133-154.

Ho.L.C.W, D.D. Martin and W.C. Lindemann, 1983, "Inhability of microorganisms to degrade cellulose acetate reverse-osmosis membranes", Appl. Envirom. Microbiol. 45: 418-427.

Sinclair, N.A., 1982, microbial Degradation of Reverse Osmosis Desalting membranes, operation and maintenance of the Yuma Desalting test publicity, Vol. IV, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Yuma, Arizona.

Gross R.A., J.D. Gu, D.T. Eberiel, M. Nelson and S.P. McCarthy, 1993 "Cellulose acetate biodegradability in simulated aerobic composting and anaerobic bioreactor environments as wells as by a bacterial isolate derived from compost", in C. Ching, D.L. Kaplan and E.L. Thomas (eds.), Biodegradation of polymer packaging technomic, Lancaster, Pa, pp 257-279.

Gilmore D.E., N. Lotti, R.W. Lenz, M. Scandola and R.C. Fuller, 1992, "Biodegradability of blends of Poly (beta-hydroxibutyrate co-hydroxyvalerate) (PHBV) with Ester substituted Cellulose: Poly-beta-hydroxybutirate degradation and poly-beta hydroxyvalerate degradation when blended with butyryl or propionyl ester of cellulose acetate", Proc. American Society for Microbiology, 92d Annual Meeting, New Orleans, LA.

Kutz, S.M., N.A. Sinclair and Bentley, 1985b, Characterization of Seliberia and its effects on reverse osmosis membranes", abstracts of the annual meeting of the American Society for microbiology, 85th Annual Meeting, Las Vegas, Nevada, 1985, pp 223.

Kutz, S.M., D.L. Bentley and N.A. Sinclair, 1986, "Morphology of a seliberia-like organism isolated from reverse osmosis membranes", Proc. IVth Inter. Sym. Environ. Microbiol. Ecol. 584-587.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Paul, D.H., 1991 "Reverse Osmosis: scaling, fouling & chemical attack", Desal. & Water reuse, 1: 8-11.

Ahmed, S.R., M.S. Alansari and T. Kannari, 1989, "Biological Fouling and Control at Ras-Abu Jabbur R.O. Plant: a new approach". Desalination 74: 69-84.

Mindler, A.B., and S.T. Bateman, 1980, "Pilot Plant Study on marine microorganisms and organic matter in seawater desalination by reverse-osmosis", prepared for Office of Water Research and Technology, Washington D.C., pp 2, 126.

Kapiloff Anita y Hatch Randolph, "Cleaning composition for reverse osmosis membranes". Chemical Sciences. Inc. USA. PCT Int. Appl. 40 pp CODEN PIXXD2.

Block Jacob, Octubre 1977, "Development of low cost membrane cleaning agents", contract nº 14-24-0001-6509. A final report to the office of water research and technology U.S. Department of the Interior. Columbia, Maryland.

Johnson Jolaine A. and Leahy Thomas M. Marzo 1982. "Development of new cleaning techniques for reverse osmosis membranes"; contract nº 14-34-0001-8519. A final report to the office of water research and technology U.S. Department of the Interior. Washington D.C. 20240. Dow Chemical Company. Walnut Creek, California.

Amjad Zahid, Workman Kenneth R., Castete Donald, 1993. "Considerations in membrane cleaning". Reverse Osmosis pp 210-36. Van Reinhold, New York.

Ebrahim S. And Malik A., 1987. "Membrane Fouling and Cleaning at drop". Desalination". Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam. pp 201-221.

Ebrahim S. 1994. "Cleaning and regeneration of membranes in desalination and wastewater applications: state of the art". Desalination 96, pp 225-38. Elsevier Science Publisher. B.V. Amsterdam.

Traegaardh Gun., 1989. "Membrane cleaning". Desalination 71. Elsevier Science Publisher. B.V. Amsterdam. pp 325-35.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Graham S., Reitz R., Hickman C. 1989. "Improving reverse osmosis performance through periodic cleaning". Desalination 74. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam. pp 113-24.

Siler J.L., 1992. "A comparison of reverse osmosis membranes cleaning methods". Westinghouse Savannah River Company. Aiken, SC, USA. Contract nº DE930045368pp.

Hickman Carl. 1991. "Membrane cleaning techniques" Water Works Assoc. AWWA. pp 329-44.

Amjad Zahid. 1989. "Advances in membrane cleaners for reverse osmosis systems". B.F. Goodrich Co. Avon Lake, USA. Ultrapure Water 6 pp 38-43.

Whittaker C., Ridgway H., Olson B. 1984. "Evaluation of cleaning strategies for removal of biofilms from reverse osmosis membrane". Environ. Anal., Programa Soc. Ecol., Univ. California. Appl. Environ. Microbiol. 48 pp 395-403.

Mohammed Farooque, Ahamed Al-Amoudi, A.T.M. Jamawddin. Atat M. Hassan.1997. "Performance restoration, autopsy and analyses of five different commercial swro membranes". Research and Development Center, Saline Water Conversion Cooperation. IDA. Vol II. pp 295-303.

Baker J, Dudley L. "Biofouling in membrane systems a review". Desalination 118 ( September 1998) 81-90.

Veza J, Sadhwani J (1997) "Cleaning methods for reverse osmosis membranes",IDA, Volume II, 393-407.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 5. Objetivos Definitivos.

5.1. Introducción.

5.2. Objetivos Definitivos.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 5. Objetivos Definitivos.

## 5.1. Introducción.

Se pretende en este capítulo recoger los objetivos definitivos que me he trazado como consecuencia de la investigación previa realizada.

## 5.2. Objetivos definitivos.

La búsqueda e investigación bibliográfica realizada nos conduce que las membranas de ósmosis inversa se limpian con métodos de limpieza específicos, en función del tipo de ensuciamiento, del tipo de membrana, del tipo de captación, etc.

Los efectos que se producen en la membrana indicándonos de la necesidad de realizar la limpieza, son un aumento de la pérdida de carga, una merma de productividad y un mayor paso de sales.

Conseguir que una limpieza sea efectiva, supone restablecer los parámetros de funcionamiento a sus condiciones primitivas. Las consecuencias que se derivan de una limpieza química no son siempre idóneas, pues en ocasiones al intentar mejorar la productividad empeoramos el paso de sales o incluso mejoramos la calidad del agua sin reducir la pérdida de carga, lo que nos obliga a realizar de nuevo otra limpieza con mayor frecuencia.

El restablecimiento de esos parámetros a las condiciones de antes de la limpieza implica un período de tiempo en que la membrana produce una cantidad de agua de no muy buena calidad, por lo que hay esperar a que ésta se termine adaptando a su nueva situación.

Teniendo en cuenta que si conocemos el agente ensuciante, podremos ensayar soluciones de limpieza más acordes con el tipo de ensuciamiento aunque ello suponga que no se restablezcan del todo los parámetros de funcionamiento en la membrana.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Es decir, primero hay que saber con que productos hay que limpiar para eliminar el agente ensuciante y una vez llevado a cabo, observar los efectos y las consecuencias derivadas de la limpieza para lograr una optimización.

Por tanto, los objetivos definitivos son :

- Búsqueda de un método racional para proceder a realizar las correspondientes limpiezas químicas de las membranas de O.I.

- Selección de los agentes de limpieza y sus dosificaciones de empleo.

Es importante resaltar que estos objetivos sólo ha sido posible llevarlos a cabo para las membranas de agua de mar con un tipo de ensuciamiento muy común en instalaciones con captación superficial y con contenidos importantes de materia orgánica.

Por tanto, se abren nuevas líneas de investigación para futuros doctorando que deseen conocer el método apropiado de limpieza química para otros tipos de ensuciamiento o de incrustaciones en membranas de ósmosis inversa tanto en agua de mar como agua salobre.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 6. Metodología.

6.1. Introducción.
6.2. Instalaciones usadas.
6.3. Instalación de pruebas.
6.4. Características técnicas de los equipos.
6.5. Instrumentación.
6.6. Productos y reactivos químicos.
6.7. Calibración de instrumentos.
6.8. Esquema de funcionamiento de la instalación de pruebas.
6.9. Determinación del agente ensuciante y tipo de limpieza química.
6.10. Metodología.
6.11. Secuencia Metodológica.
6.12. Planificación.
6.13. Normativas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 6. Metodología.

## 6.1. Introducción.

El proceso de desalinización por membranas de ósmosis inversa acumula más de dos décadas de operación y funcionamiento en las condiciones más variadas y adversas, con resultados aceptablemente buenos, pero sin embargo no hay datos suficientes del comportamiento de dichas membranas cuando se las somete a un lavado con productos químicos, una vez éstas han alcanzado el grado de suciedad permisible (que normalmente lo establece el fabricante de la propia membrana).

Una instalación piloto de membranas tal y como aquí se describe, permitiría establecer las relaciones entre la información disponible y los resultados obtenidos. En la gran mayoría de las plantas desalinizadoras consultadas en el ámbito del territorio peninsular y canario no se dispone de una instalación piloto que permita realizar pruebas y ensayos a las membranas.

Las pruebas de membranas en un banco de ensayos permitiría caracterizar la propia membrana y en algunos casos, cualificar alguna de las interacciones que la membrana pueda tener con el agua bruta de alimentación. Ahora bien, los resultados obtenidos no son del todo extrapolables al sistema completo, dado que intervienen otros factores, como por ejemplo la hidráulica.

## 6.2. Instalaciones usadas.

Para llevar a cabo los experimentos realizados con las membranas de O.I., se han utilizado los medios y equipos de la Planta Desalinizadora Las Palmas III, así como la unidad de pruebas.

Veamos a continuación un breve resumen de la instalación:

La Desalinizadora Las Palmas III, fue construida a finales de 1989 con una inversión de 6300 millones de pesetas, financiada en su mayor parte por la Administración Central. Se halla situada en la costa de Jinámar, a 8 km. de la ciudad y a 12 km. del aeropuerto, junto a la autovía



© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

del Sur. A diferencia de otras dos instalaciones cercanas a ésta, Las Palmas I y Las Palmas II , el agua potable se obtenía mediante la tecnología de membranas por O.I.

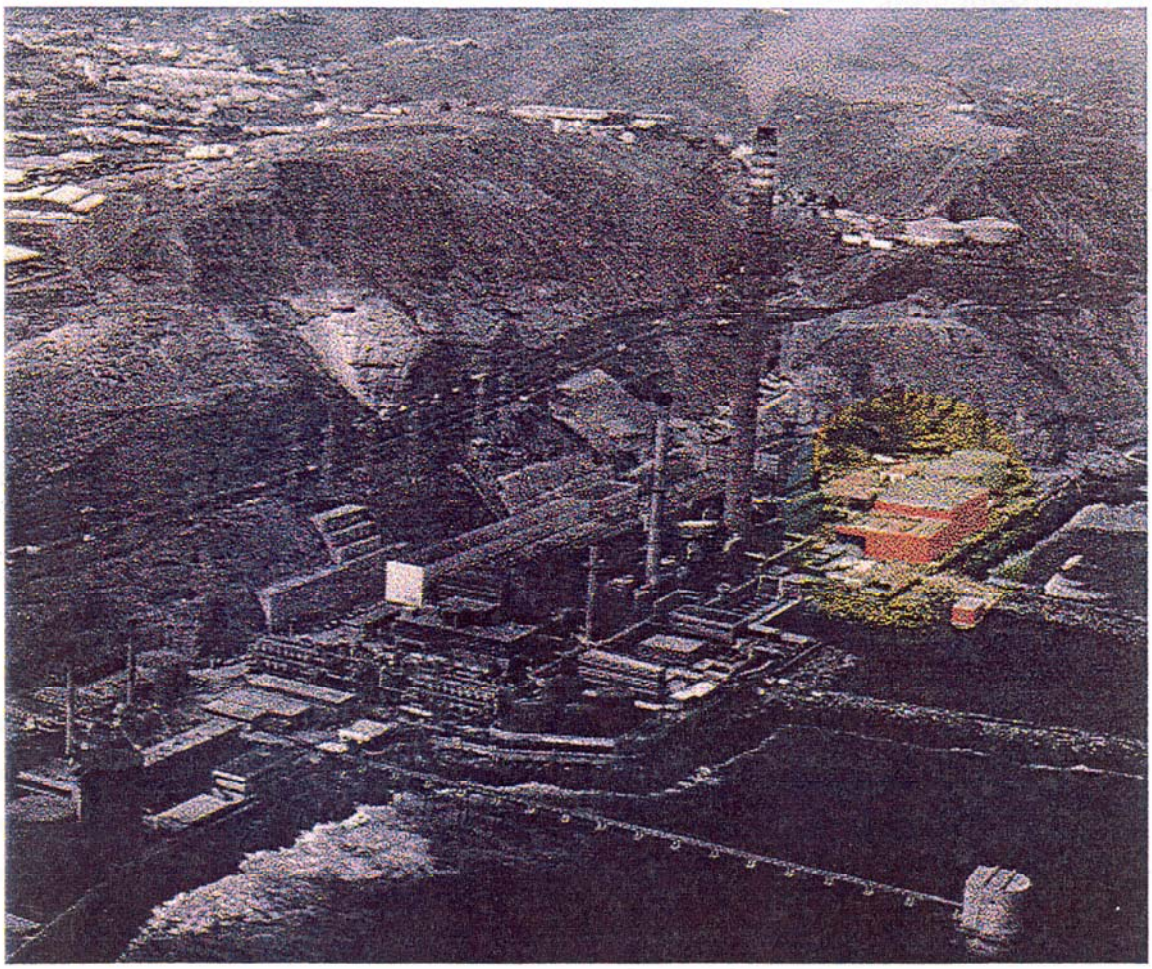


Foto nº1. Vista aérea de la instalación Desaladora Las Palmas III

En su momento era una de las mayores plantas del mundo en su género, con una capacidad de producción de 36000 $m^3$/día. Las características generales de diseño fueron:

- Origen del agua..... Mar
- Tipo de captación..... Superficial
- Salinidad del agua de mar..... 38300 g/l
- Nº de líneas de producción..... 6
- Producción por línea..... 6000 $m^3$/día.
- Conversión ..... 45 %
- Consumo específico de energía..... 6.16 kW-h/$m^3$ (*)

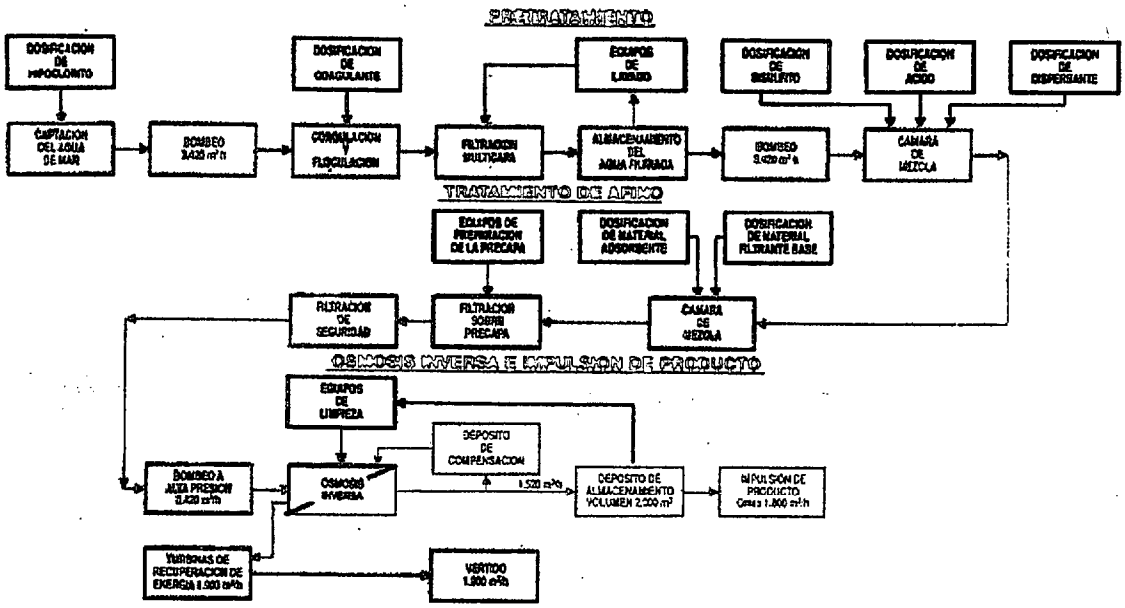


© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

- N° de etapas por línea de producción..... 2
- N° de membranas instaladas ..... 4608
- Configuración de las membranas..... arrollamiento en espiral
- Modelo de la membrana..... Filmtec SW8040HR

(*) Esta cifra incluye todos los consumos, incluso pérdidas en los transformadores, cables, cuadros, etc...Incluye igualmente el consumo de energía debido al bombeo del agua desalada al exterior con un desnivel importante de 180 metros.

La línea de tratamiento diseñada se recoge en la figura siguiente:




**Breve descripción de la instalación**

Captación del agua del mar

La estructura geológica del terreno donde se instaló la Desaladora desaconsejaba realizar una captación del agua de mar a través de pozos debido a su escasa permeabilidad, incluso a elevadas profundidades. Este fue el motivo por el que se decidió realizar una toma superficial.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

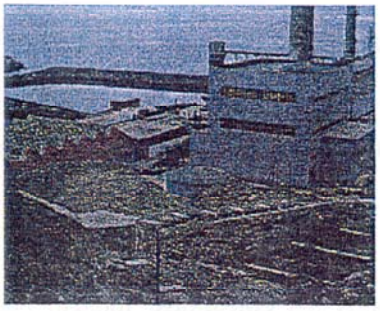


Foto nº2. Cántara de sedimentación

La cántara de sedimentación es una gran balsa protegida del oleaje exterior mediante una escollera. El agua llega a la misma a través de unos tubos practicados en la parte frontal de la escollera y a unos dos metros de profundidad respecto al nivel mínimo de la bajamar.

Con esta decisión se pensaba evitar la llegada de mareas negras o de sus restos a la planta Desaladora dada la proximidad de ésta al Puerto de la Luz, cuyo tráfico marítimo ha sido siempre importante.

En su concepción definitiva, el agua de mar es aspirada por siete grupos motobomba (uno por cada línea más uno de reserva), de cámara partida, verticalizados, provistos de un sistema de vacío para el cebado automático de las bombas, como muestra la foto nº3. Es impulsada hacia el pretratamiento a través de una única tubería de 800 mm de diámetro construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

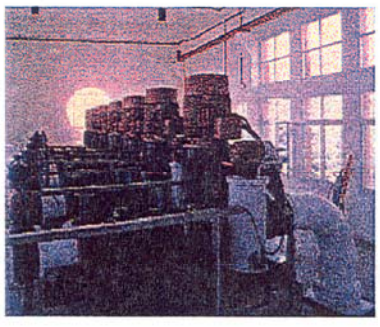


Foto nº3. Bombas de captación del agua de mar

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Filtración multicapa

El agua bruta tras pasar por unas cámaras de floculación se filtra a través de seis filtros abiertos multicapa de grava, arena y antracita, tras lo cual se almacena en un depósito cerrado de hormigón situado bajo los filtros.

La limpieza de los filtros se realiza mediante contralavados de aire y agua de mar filtrada procedente del depósito de almacenamiento.

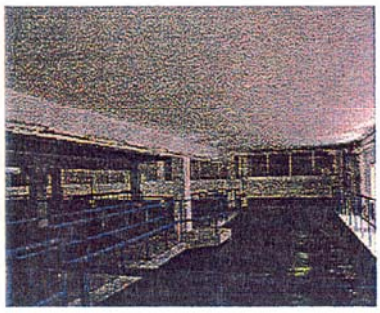
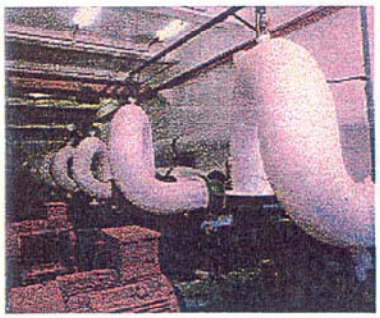
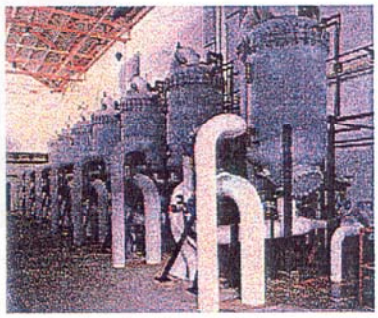


Foto nº4. Filtración sobre arena y antracita

Bombeo de agua filtrada y Filtros de precapa

El agua procedente de los filtros multicapa es aspirada del depósito de almacenamiento por siete grupos motobomba que la impulsan, a través de una tubería común, hacia siete filtros de precapa (uno por cada línea más uno en preparación o reserva).





Fotos nº 5 y 6. Bombeo de agua filtrada y Filtros precapa

Filtros de seguridad

Tras atravesar los filtros de precapa, el agua de mar pasa a través de tres filtros de seguridad cuya selectividad nominal es de 1 micra. Estas dos últimas etapas de filtración constituyen el llamado 'tratamiento de afino'.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

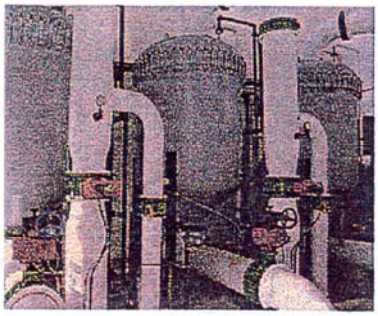


Foto nº7. Filtros de bujías

Bombeo a alta presión

El equipo de bombeo a alta presión, tal como se muestra en la foto nº8, está formado por siete trenes (uno de reserva). Cada tren consta de una bomba y una turbina de contrapresión, ambos de cámara partida, entre los que se ha instalado el motor de accionamiento cuya potencia es de 1250 kW.

La turbina no va provista de embrague de acoplamiento que la haga solidaria al eje del motor cuando se alcance un determinado número de revoluciones. Cada tren dispone, sin embargo, de un sistema de arranque que embala rápidamente la turbina antes de enviar agua a las membranas.

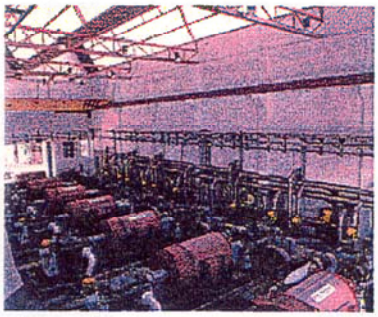


Foto nº8. Turbobombas de alta presión

Bastidores de membranas

Las membranas de ósmosis inversa se instalaron en 6 bastidores. Cada bastidor puede contener hasta un máximo de 136 tubos de presión con una capacidad de 6 membranas por tubo.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Los tubos están agrupados en dos etapas con el rechazo en serie, ya que la conversión de trabajo adoptada fue del 45%.

Inicialmente se instalaron 120 tubos y 720 membranas por bastidor, lo que arroja un total de 4320 membranas en el conjunto de la planta. De los 210 tubos de cada bastidor, 75 formaban la 1ª etapa y 45 la segunda.

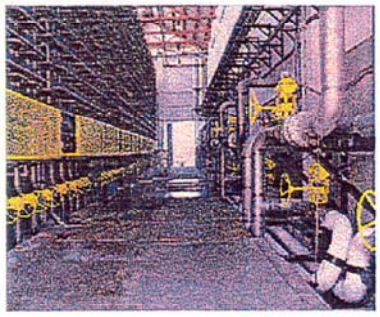
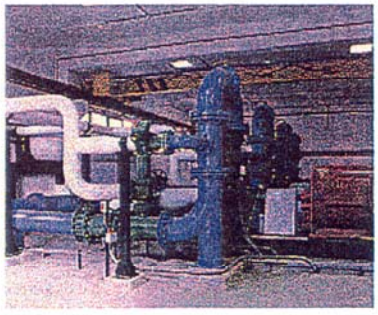
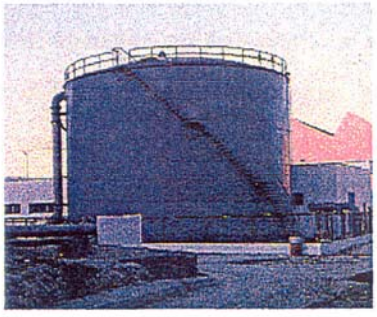


Foto nº9. Bastidores de membranas

Impulsión del agua desalada

El agua desalada producida por los seis bastidores de membranas pasa a través de un depósito de almacenamiento intermedio de 2000 $m^3$ de capacidad, como se muestra en la foto nº10., de donde es aspirado mediante cuatro grupos motobomba (uno de reserva) que lo impulsan al depósito general situado a varios kilómetros y a la cota de +180 m por encima del nivel de la planta, foto nº11. En este depósito es donde el agua desalada se mezcla con aguas de otras procedencias para su posterior distribución.





Fotos nº 10 y 11. Bombeo de agua desalada y depósito de 2000 $m^3$.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 6.3. Instalación de pruebas.

El objeto de la instalación piloto se centra en el estudio de las membranas semipermeables de ósmosis inversa aptas para la desalación de agua de mar.

En función de eso se diseña una instalación piloto de pruebas lo suficientemente flexible para permitir la realización de ensayos en condiciones de operación muy diversas, tanto en caudal como en presión, conversión, etc.

Nuestra planta piloto, por tanto debe ser diseñada bajo dos puntos de vista importantes:

1. Que disponga de medios para realizar diversos ensayos de limpiezas químicas a membranas.

2. Poder contrastar los resultados de dichas limpiezas químicas.

Por tanto, la instalación piloto tendrá dos partes diferenciadas, que podremos identificar de la siguiente forma:

1. Módulo de prueba para lavado.

2. Módulo de prueba para contraste.

Hay que resaltar que la diferencia estriba en la presión de trabajo de ambos módulos, dado que las limpiezas químicas se llevan a cabo a bajas presiones mientras que la verificación de dichas limpiezas se ejecuta a alta presión, es decir, a la presión normal de trabajo de la membrana en condiciones normales de operación.

Normalmente el origen del agua de alimentación a membranas suele ser de la propia línea de pretratamiento de la instalación principal, con un by-pass en tubería de PVC.

Veamos una vista general de la instalación de pruebas:

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

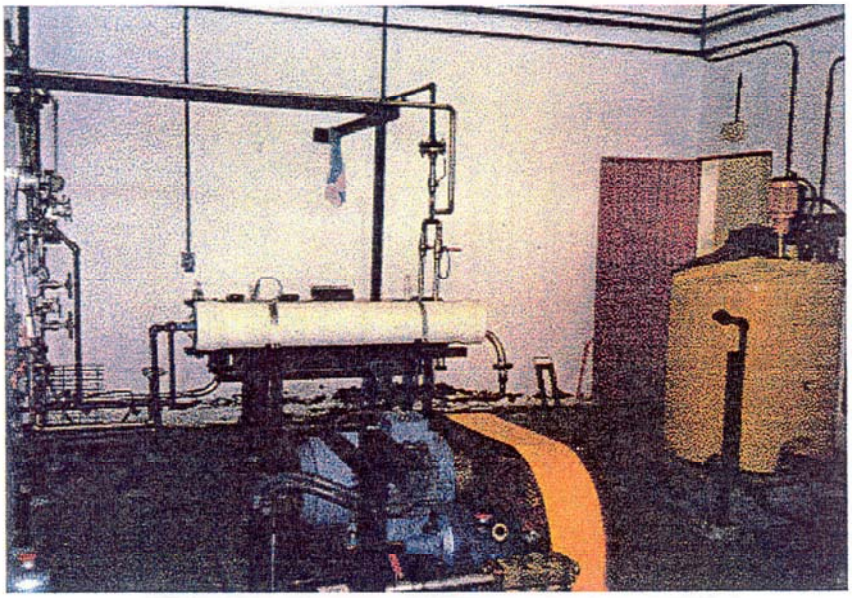


Foto nº1. Vista general de la instalación de pruebas

En el diseño general de la instalación piloto, además se tendrá en cuenta los siguientes elementos:

a) Cuba de preparación de reactivos.

Sobre esta cuba se realizará la recirculación del agua durante las pruebas, por lo que actuará, tanto de tanque de aporte a las bombas, como de depósito de acumulación de producto, así como de depósito de preparación de reactivos. El depósito estará construido en polietileno de alta densidad y de alta resistencia química.

Tendrá una capacidad de 500 litros y contará con un electroagitador para facilitar la disolución de los reactivos y una termorresistencia que se utilizará en el caso de limpiezas a alta temperatura.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

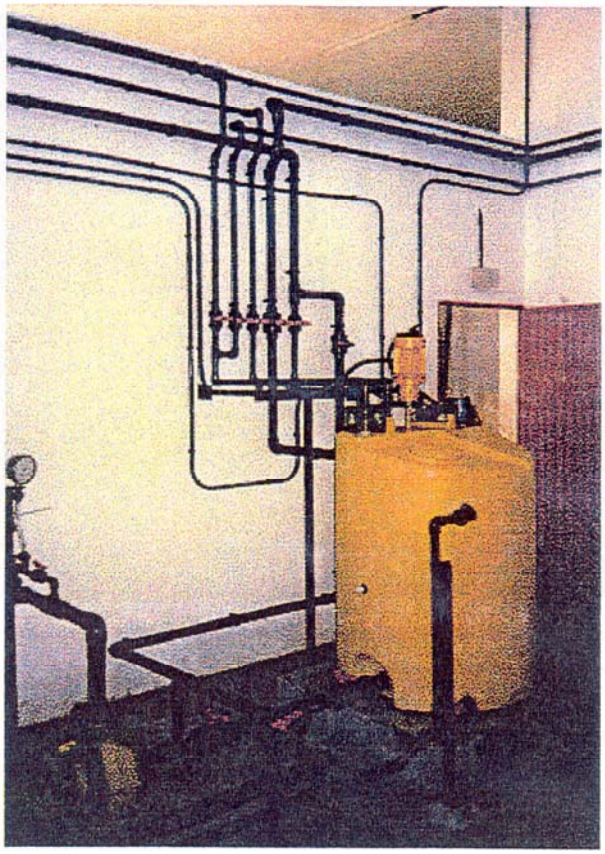


Foto nº 2. Cuba de preparación de reactivos

b) Sistema de bombeo a baja presión.

La bomba de baja presión cumplirá un doble objetivo. En primer lugar servirá para alimentar a la bomba de alta presión, que debido a sus características constructivas no puede funcionar aspirando directamente del depósito de preparación de reactivos. En segundo lugar servirá para realizar las limpiezas químicas al llevarse a cabo a baja presión, entre 3 y 4 bar.

Para evitar el ataque de los reactivos utilizados, la bomba estará construida en materiales de plásticos de alta resistencia química.

Como ya se ha indicado la bomba de baja presión podrá enviar la disolución directamente a los módulos o bien a la aspiración de la bomba de alta presión, para lo cual se dispondrá de las válvulas necesarias. Por último la bomba podrá también enviar la disolución al depósito de preparación, para facilitar la homogeneización o ajustar el caudal enviado a los módulos. Todas las tuberías de baja presión estarán construidas en PVC.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

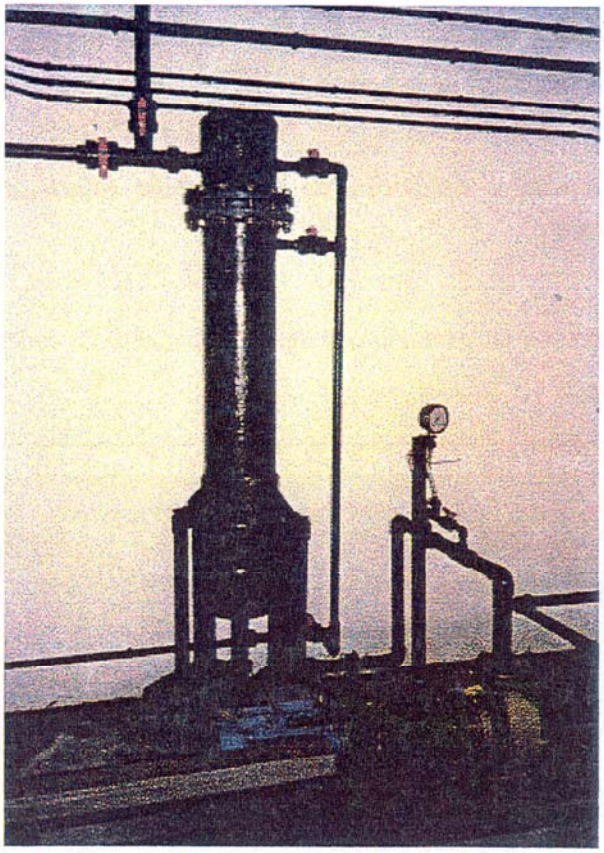


Foto nº3. Bomba de lavado.

c) Filtración de seguridad.

Debido a la configuración espiral y la fragilidad de la capa activa, las membranas de ósmosis inversa pueden sufrir deterioros por la abrasión de partículas sólidas. Para evitarlo se instala un filtro de seguridad, equipado con bujías filtrantes, que impiden el paso de partículas de un tamaño superior a cinco micras. Los cartuchos, además retendrán parte de la suciedad desprendida durante las limpiezas químicas.

d) Bombeo a alta presión.

Para alcanzar las presiones requeridas para la desalación de agua del mar (del orden de los setenta bar), se necesita un sistema de bombeo a alta presión. En nuestro caso el grupo de bombeo escogido será una bomba de desplazamiento positivo, del tipo pistón, que ofrece el mejor rendimiento energético para estos caudales y presiones.

El grupo de bombeo estará equipado con los elementos de seguridad necesarios, como anticavitatorio, amortiguador de impulsos, válvula de seguridad, presostatos, etc. El ajuste del

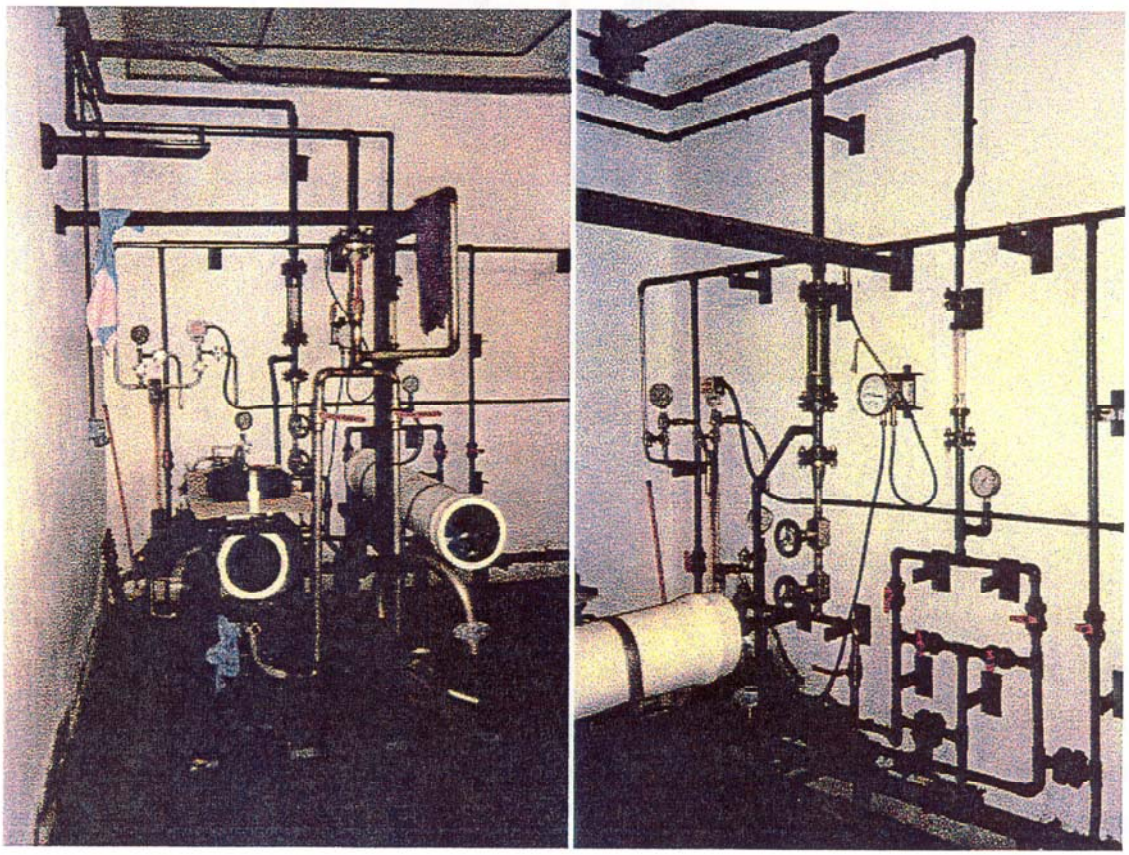


© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

grupo de presión se realizará mediante una válvula de retorno situada en la impulsión y un sistema de variación de la velocidad de la bomba.

Las tuberías, válvulas y accesorios de alta presión estarán construidos en acero inoxidable DIN 1.4539 y 904L.

Las partes de la bomba en contacto con agua de mar estarán construidas en cerámica o aleación de aluminio-bronce.



Fotos nº 4 y 5.

e) Módulos de prueba y de limpieza.

En la planta piloto se instalarán dos tubos a presión capaces de contener cada uno una membrana de ósmosis inversa, ambos estarán construidos en poliester reforzado en fibra de vidrio.

En el primero de ellos se realizarán los ensayos de funcionamiento a alta presión, por lo que deberá ser capaz de soportar presiones del orden de los 70 bar.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En el segundo se llevarán a cabo los ensayos con diferentes productos químicos de lavado de membranas. En este caso la presión máxima admisible será del orden de los 20 bar.

Ambos módulos dispondrán de las válvulas y accesorios necesarios para su buen funcionamiento, pudiendo aislarse durante la operación.

f) Sistema de control.

El control de la instalación piloto será llevado a cabo por un panel eléctrico donde se situarán los diversos arrancadores, así como los indicadores de operación y alarma de los diversos equipos de la instalación.

Dentro del sistema de control también se incluyen los medidores de campo que nos indicarán los parámetros de operación.

g) Bastidor soporte.

Todos los equipos anteriormente nombrados incluyendo el panel de control estarán situados sobre un bastidor metálico que facilitará su transporte e instalación. El bastidor soporte estará construido con perfiles laminados de acero al carbono convenientemente protegidos contra la corrosión. Sus dimensiones serán:

Anchura = 1.8 metros.
Longitud = 3.0 metros.

## 6.4. Características técnicas de los equipos.

Las características más relevantes de los equipos electromecánicos son:



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Sistema de bombeo a alta presión.

| | |
|---|---|
| Número de bomba de alta presión..... | 1 |
| Tipo..... | Pistones |
| Marca..... | CAT |
| Modelo..... | 3537 |
| Caudal en l/min..... | 77 |
| Presión en la aspiración..... | 1.0 bar |
| Presión en la descarga..... | 70.0 bar |
| Material de los pistones..... | Cerámico |
| Material del cuerpo..... | Al-Bronce |
| Potencia del motor..... | 14.7 kW |
| Velocidad de la bomba/motor..... | 1500/457 rpm |
| Fluido..... | Agua de mar |
| Densidad..... | 1.03 kg/l |
| Temperatura máxima..... | 40.0 °C |

Sistema de bombeo a baja presión.

| | |
|---|---|
| Número de bomba de baja presión..... | 1 |
| Tipo..... | Centrífuga |
| Marca..... | TECNIUM |
| Modelo..... | BHC KK 4.20 |
| Caudal de diseño..... | 4 $m^3/h$ |
| Presión en la aspiración..... | Atmosférica |
| Presión en la descarga..... | 6.7 bar |
| Material del cuerpo..... | Polipropileno |
| Potencia del motor..... | 15 CV |
| Velocidad de la bomba/motor..... | 3.000 rpm |
| Fluido..... | Reactivos |
| Densidad..... | 1.00 kg/l |
| Temperatura máxima..... | 40.0 °C |

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Sistema de filtración.

| | |
|---|---|
| Número de filtro de presión..... | 1 |
| Tipo..... | Cartuchos bobinados |
| Material del cuerpo..... | PVC |
| Presión de trabajo..... | 6.0 bar |
| Diámetro interior..... | 200 mm |
| Longitud..... | 1351 mm |
| Número de cartuchos bobinados..... | 3 |
| Material..... | Polipropileno |
| Diámetro exterior..... | 60 mm |
| Longitud..... | 1016 mm |

Depósito de preparación de reactivos.

| | |
|---|---|
| Número de depósito..... | 1 |
| Material..... | Polietileno |
| Volumen..... | 500 litros |
| Diámetro..... | 850 mm. |
| Altura..... | 1080 mm. |

| | |
|---|---|
| Nº de electroagitador..... | 1 |
| Tipo..... | Vertical. |
| Marca..... | DOSAPRO. |
| Modelo..... | CHI-2. |
| Material del eje y hélice..... | Acero al carbono |
| Potencia del motor..... | 0.35 kW |
| Velocidad del motor..... | 1.500 rpm |

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Módulos de ensayo.

| | |
|---|---|
| N° modulo para alta presión..... | 1 |
| Material..... | PRFV. |
| Presión de trabajo..... | 70 bar |
| Diámetro interior..... | 202.1 mm. |
| Longitud..... | 1651 mm. |

| | |
|---|---|
| N° módulo para limpieza química..... | 1 |
| Material..... | PRFV. |
| Presión de trabajo..... | 21 bar. |
| Diámetro interior..... | 202.1 mm. |
| Longitud..... | 1651 mm. |

Membranas de Osmosis Inversa.

| | |
|---|---|
| Fabricante..... | Filmtec |
| Modelo..... | 8040 |
| Rechazo de sales..... | > 99.5 % |
| Material capa activa..... | Poliamida aromática. |
| Tipo de configuración..... | Espiral |
| Agua a tratar..... | Agua de mar. |

La instalación de pruebas en la que se realizaron los ensayos presentaba el siguiente esquema de funcionamiento:

## 6.5. Instrumentación.

La instrumentación que debe disponer una instalación para pruebas será:

a) Manómetros esféricos de glicerina, en material AISI 316 y de varias escalas.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

b) Presostatos de alta presión en AISI 316 con escala hasta 70 bar.

c) Manómetro diferencial con material AISI 316 con escala sectorial para medir la pérdida de carga en la membrana de ósmosis inversa.

d) Caudalímetros del tipo rotámetros con material de vidrio/PVC con escala de 0-10 m3/h.

e) Termostatos en material AISI 304 hasta 60°C.

f) Interruptor de nivel del tipo neumático.

g) Conductivímetros en línea con salida de 4-20 mA y escala de 0-100 mS, con indicación en panel.

h) Phmetro en línea con escala de 0-14 y salida de 4-20 mA.

## 6.6. Productos y reactivos químicos.

Los productos y reactivos químicos utilizados en la preparación de cada ensayo fueron:

- Agua de mar pretratada física y químicamente por la Planta Desaladora Las Palmas III-IV.
- Agua desalada obtenida de la propia Planta Desaladora, con una salinidad inferior a 500 ppm.
- Producto comercial en estado líquido de sosa cáustica 50 % .Número de CEE : 011-002-01-3.Referencias en Anexo nº 4.
- Producto comercial en estado líquido de ácido clorhídrico 33% Síntesis.Número de CEE 017-002-01-X.Referencias en Anexo nº 4.
- Detergente en medio básico denominado comercialmente cómo P3-Ultrasil P10 de Henkel Ibérica S.A.Referencia en Anexo nº 4.
- Detergente en medio ácido denominado comercialmente cómo P3-Ultrasil P75 de Henkel Ibérica S.A. Referencia en Anexo nº 4.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 6.7. Calibración de instrumentos.

### a) Laboratorio

La calibración de los distintos instrumentos utilizados en laboratorio se ha realizado de acuerdo con las normas ASTM que a continuación se relacionan:

- D 1125 –91 Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water.
- D 1293 –84 Standard Test Methods for pH of Water.
- D 1889 –88A Test Methods for Turbidity of Water.
- D 4189 –82 Test Method for Silt Density Index of Water.

### b) En campo

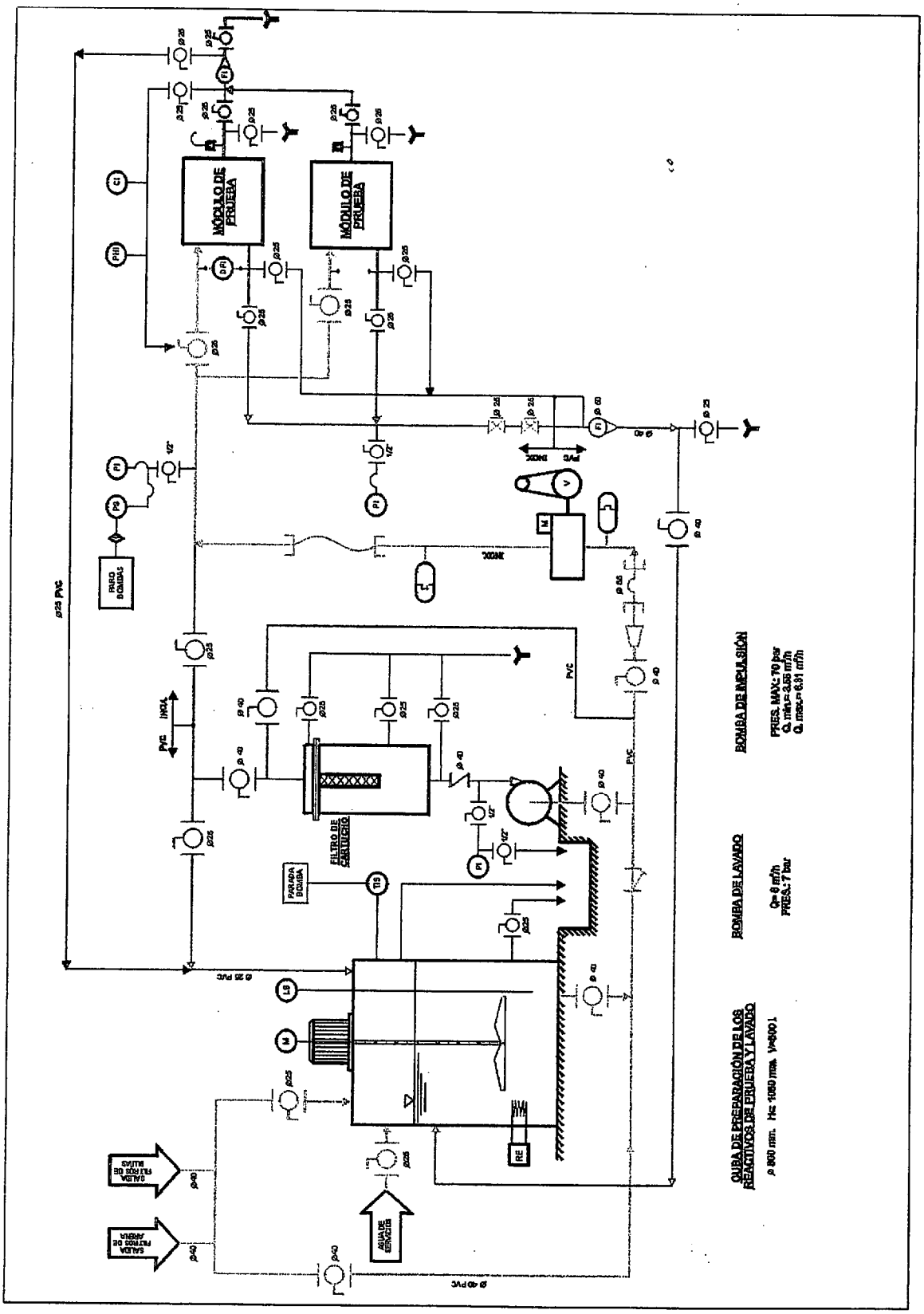
En cuanto a la calibración de los instrumentación de campo, se ha efectuado en aquellos donde realmente se puede hacer, cómo por ejemplo, los manómetros, utilizando una maleta portátil de calibración con manómetros patrones de referencia.

Para los rotámetros y termómetros de vidrio no se ha utilizado ningún método de calibración, sino de contraste comparativo; al primero con pruebas volumétricas de aforo y para el segundo con baños de aceite y termómetro de referencia.

## 6.8. Esquema de funcionamiento de la instalación de pruebas

Se adjunta el esquema del proceso seguido en la instalación de pruebas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004




© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 6.9. Determinación del agente ensuciante y tipo de limpieza química.

Antes de proceder a realizar una limpieza química específica en la membrana, es conveniente averiguar el origen y el agente ensuciante.

El método más adecuado para la determinación del agente ensuciante es con una autopsia, pero si ésta no es posible llevarla a cabo se recurre a la búsqueda e investigación.

En ese sentido, los autores Baker y Dudley han estudiado el tipo de ensuciamiento encontrado en las autopsias realizadas en las membranas de ósmosis inversa para agua de mar en las Islas Canarias, observándose que existe un alto porcentaje (63%) debido fundamentalmente a materia orgánica.

Por otro lado, a esta conclusión se podía llegar de la investigación realizada, centrada en los parámetros de funcionamiento de la instalación Desaladora Las Palmas III, según Sadhwani (1), poniendo de manifiesto que la única forma de mantener controlado el desarrollo biológico era mantener en el agua de mar un contenido elevado de cloro libre residual.

Por tanto, el agente ensuciante de las membranas instaladas en la Desaladora Las Palmas III, era el alto contenido en materia orgánica que producía una contaminación biológica importante, y en consecuencia las limpiezas efectuadas eran orientadas a eliminar la carga bacteriana.

Las membranas seleccionadas para llevar a cabo las pruebas experimentales, presentaban los siguientes condicionantes:

- Carga residual propia de contaminación bacteriana.
- Posibilidad de incorporar durante el ensayo real, una actividad biológica propia del desarrollo en la Instalación Desaladora Las Palmas III, proveniente del agua de alimentación.

(1): Sadhwani (1992). Criterios de explotación en la Planta Desaladora de agua de mar Las Palmas III-IV. Symposium Internacional de Desalación y Reuso del Agua. Proceedings Canagua 1992.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 6.10. Metodología.

La metodología aplicada es la siguiente:

a) búsqueda y selección de la membrana.

b) identificación de la membrana, nº de ensayos.

c) caracterización de la membrana.

d) ensayo de limpieza.

e) caracterización de la membrana.

Teniendo en cuenta, que las experiencias fueron realizadas en la unidad de ensayo perteneciente a la Desaladora Las Palmas III, instalación que utiliza la tecnología de la ósmosis inversa con 4608 membranas de agua de mar instaladas, funcionando de manera continua y regularmente desde finales de 1989. Con el citado nº elevado de membranas instaladas, la tasa de reposición de membranas en dicha instalación era del orden del 12 %, por lo que podíamos disponer de un número suficiente de membranas para realizar las pruebas experimentales desarrolladas en ésta tesis doctoral.

a) La búsqueda y selección posterior de las membranas se efectuó primeramente con el histórico de funcionamiento de las mismas. Es decir, cada membrana instalada estaba perfectamente identificada, lo cual podía aportarnos una suficiente información de los parámetros de la misma, en cuanto a la calidad y cantidad del agua producto. Las experiencias realizadas se llevaron a cabo en las dependencias de dicha instalación, con membranas de arrollamiento en espiral, modelo Filmtec FT-30 de Dow Chemical, que previamente habían sido cuidadosamente seleccionadas mediante la simulación en un programa informático con software propiedad de la sociedad mercantil PRIDESA (1), donde se reproducían las condiciones de funcionamiento del módulo de membranas previamente recopiladas mediante el software informático del fabricante de membranas, cuyas consignas eran detectar aquéllas membranas que se excedían en un 15% de forma simultánea en los parámetros de calidad y cantidad de agua desalada. Para ratificar dicha hipótesis se realizó



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

posteriormente los ensayos de verificación en las membranas individualmente en la unidad de pruebas. Profundizando aún más se contrastó que la gran mayoría de las membranas seleccionadas como defectuosas, alrededor del 80%, correspondían a la posición primera del tubo portamembranas de seis elementos.

Se seleccionaron un total de cuarenta membranas que cumplían las siguientes condiciones:

- aptas para agua de mar.
- configuración de arrollamiento en espiral.
- una vida útil de funcionamiento semejante, al menos de 3 años.
- su posición en el tubo de presión fuese de las dos primeras.
- preferentemente se escogieron membranas instaladas en la 1ª etapa.

b) Se seleccionaron 6 grupos de 5 membranas cada uno, todas de idénticas características e identificadas por su número de serie y la fecha de ensayo.

Se estableció como hipótesis estudiar el comportamiento de dichas membranas con distinta concentración de productos de limpieza y de soluciones químicas.

Se enumeraron los seis grupos de la siguiente forma:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Solución A: | Nº 1 al 0.5 % | Nº 2 al 0.8 % | Nº 3 al 1 % |
| Solución B: | Nº 4 al 0.5 % | Nº 5 al 0.8 % | Nº 6 al 1 % |
| Solución C: | Nº 7 al 0.5 % | Nº 8 al 0.8 % | Nº 9 al 1 % |
| Solución D: | Nº10 al 0.5 % | Nº11 al 0.8 % | Nº12 al 1 % |
| Solución E: | Nº13 al 0.5 % | Nº14 al 0.8 % | Nº15 al 1 % |
| Solución F: | Nº16 al 0.5 % | Nº17 al 0.8 % | Nº18 al 1 % |

Solución A: limpieza básica con hidróxido sódico.
Solución B: limpieza ácida con ácido clorhídrico.
Solución C: limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa.
Solución D: limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10.
Solución E: limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75.
Solución F: limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASILP-10.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Estas soluciones se ensayaron con distintos porcentajes: 0.5 – 0.8 – 1.0 %.

El número de pruebas realizadas fue de 90, habiendo desechado y repetido las defectuosas.

c) Las características de la membrana consisten en desplazar con agua osmotizada durante un tiempo de 30 minutos la membrana para posteriormente efectuar la puesta en marcha del equipo de alta presión en condiciones standard, que son las siguientes :

Presión de alimentación : 67 bar
SDI agua de alimentación: 3
Conductividad del agua de alimentación: 50300 - 52600 μS/cm
Temperatura agua alimentación: 20-22 °C
Caudal de salmuera: 5 $m^3/h$

Con objeto de obtener el caudal y la conductividad del agua producto una hora después de su puesta en marcha.

d) El ensayo de limpieza se realiza en función del tipo de limpieza adoptado. La duración de la misma es de dos horas y media aproximadamente. Este tipo de prueba se lleva a cabo en la unidad de limpieza a baja presión.

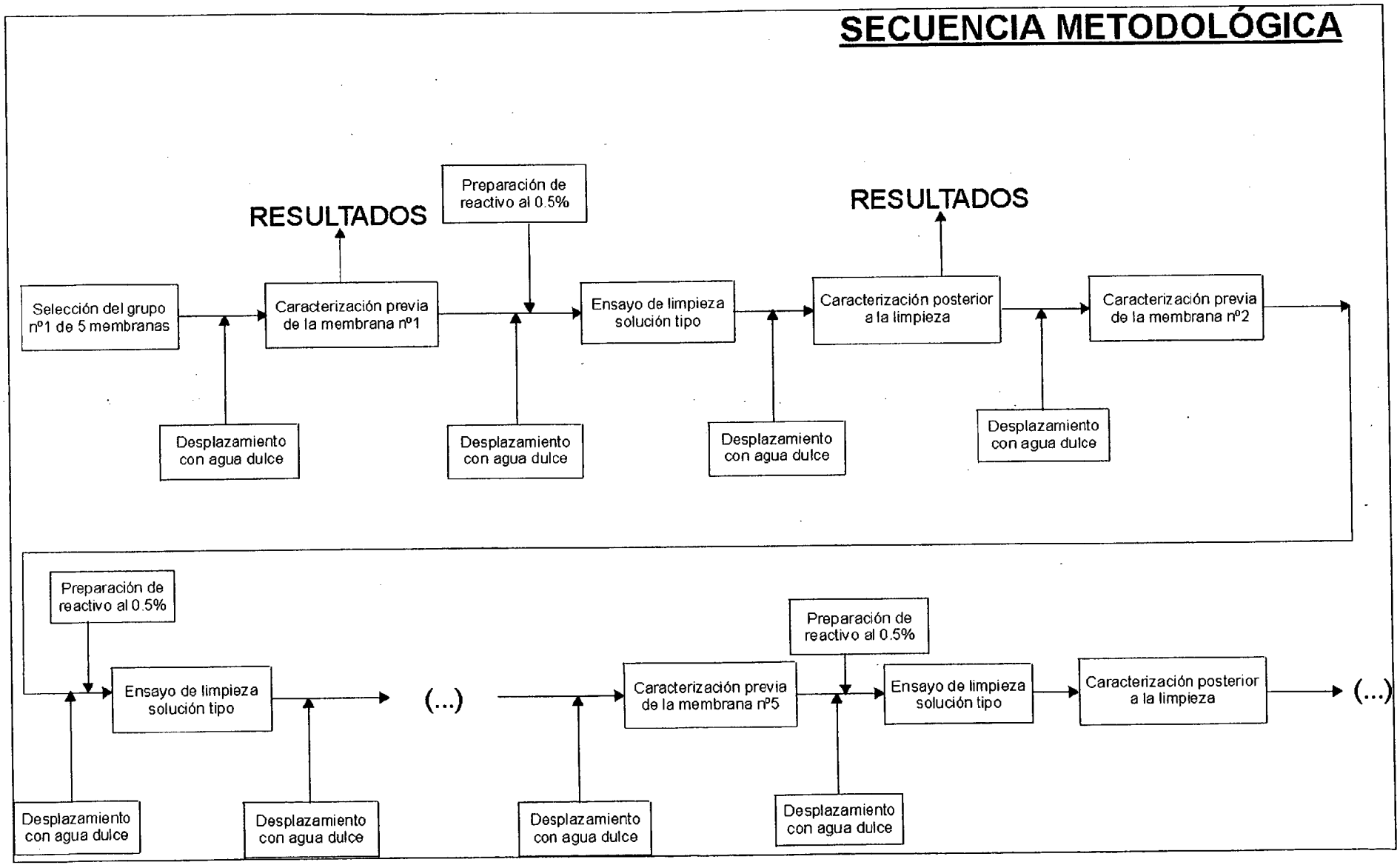
e) Una vez efectuada la limpieza de las membranas, se desplaza con agua dulce durante 30 minutos y se la traslada a la unidad de prueba de alta presión para su caracterización tras una hora de servicio.

## 6.11. Secuencia metodológica.

A continuación se desarrolla la secuencia metodológica empleada. En primer lugar representamos el ciclo operativo utilizado para la limpieza de un grupo de 5 membranas, tal como se muestra en el siguiente diagrama de bloques. Finalmente se indica la secuencia completa del número total de soluciones de limpieza.

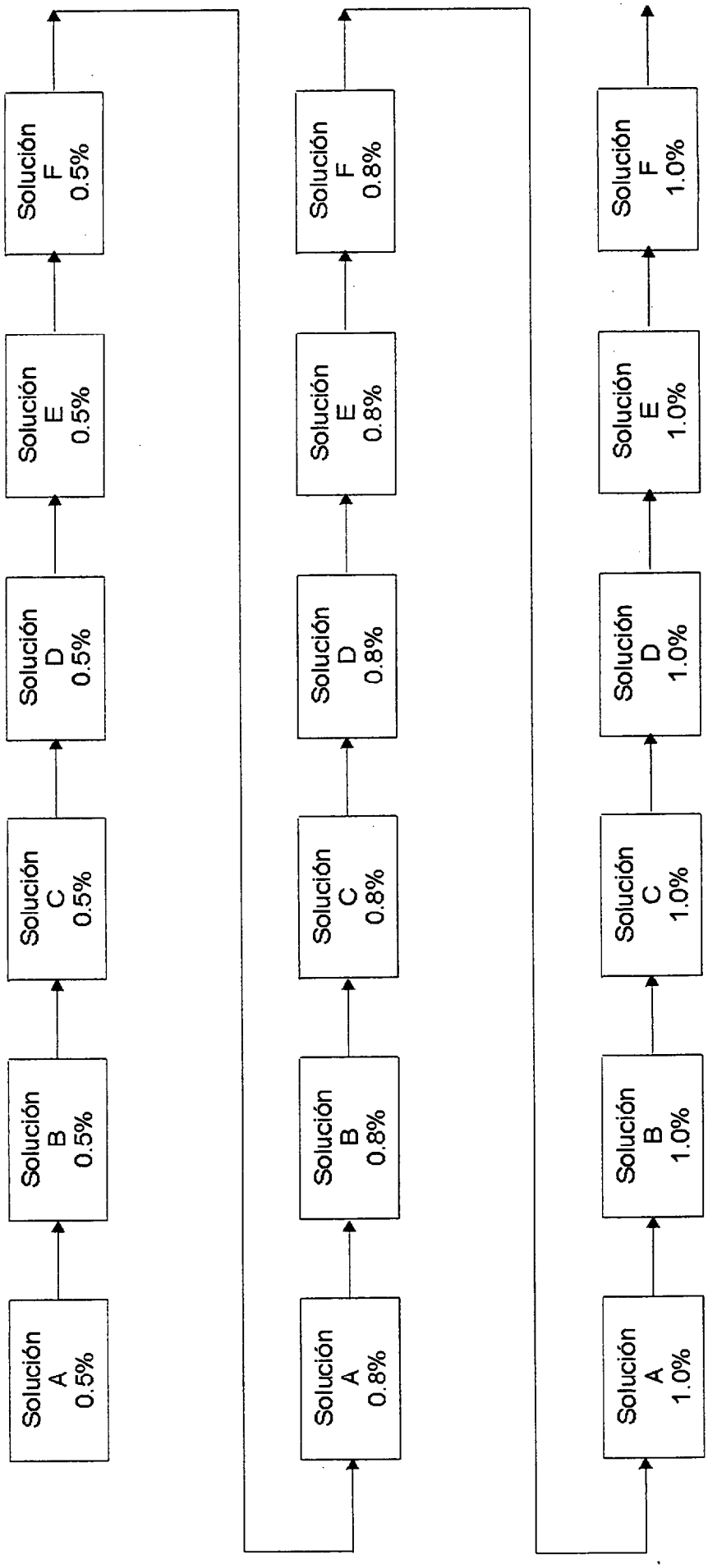


© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004






© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

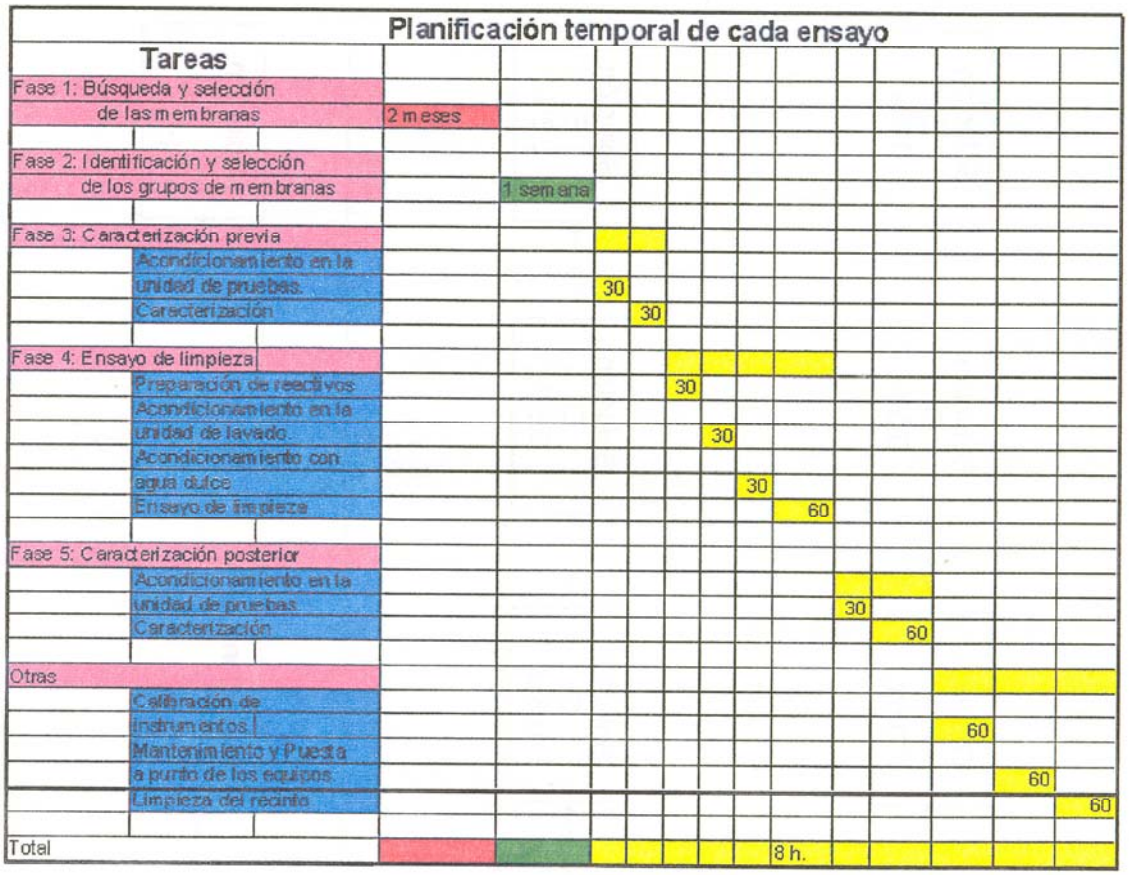





© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 6.12. Planificación.

Cada una de las fases de la metodología aplicada en el apartado 6.6 ha requerido la siguiente planificación en tiempo.




1ª Fase: Búsqueda y selección de la membrana: La disponibilidad de las membranas no era de inmediato, ya que había que utilizar membranas usadas y por tanto era necesario esperar a que se realizaran los primeros cambios de membranas en la instalación Las Palmas III.

El proceso de la sustitución de membranas en un rack iba aparejado de una secuencia previa a la misma y consistía en la toma de datos de conductividad en cada tubo de presión con una frecuencia semanal entre dos limpiezas consecutivas. Además se sondaba el tubo de presión seleccionado por su alta conductividad, tratando de determinar que membrana era la defectuosa. Paralelamente los 18 datos (3 datos por membrana y 1 total) obtenidos del muestreo en cada tubo de presión eran introducidos en un programa informático simulándose las condiciones de



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

funcionamiento para contrastar la membrana seleccionada previamente como defectuosa. Ésta posteriormente era chequeada en la unidad de pruebas para mayor seguridad.

Este proceso complejo facilitó que el período de tiempo empleado para la búsqueda y selección de la membrana no fuera excesivo, estimándose en 2 meses de trabajo.

2ª Fase: Identificación de las membranas y grupos de selección: Esta fase se llevó a cabo en un período de una semana. El número total de membranas seleccionadas fue de cuarenta en seis grupos de cinco, dejando 10 elementos como reserva de las anteriores.

3ª Fase: Caracterización de la membrana antes de la limpieza: Previa a la caracterización se realiza un desplazamiento con agua dulce a baja presión durante 30 minutos. Posteriormente se caracteriza en la unidad de pruebas durante un período de 1 hora.

4ª Fase: Ensayo de limpieza química: La duración de esta fase es de dos horas y treinta minutos, incluyendo la preparación de los reactivos, el traslado de la membrana de la unidad de lavado a la de pruebas, el acondicionamiento con agua dulce, y la recirculación durante una hora de los productos químicos de limpieza.

5ª Fase: Caracterización de la membrana tras la limpieza: Esta fase se realiza en la unidad de pruebas y su duración es de una hora y treinta minutos.

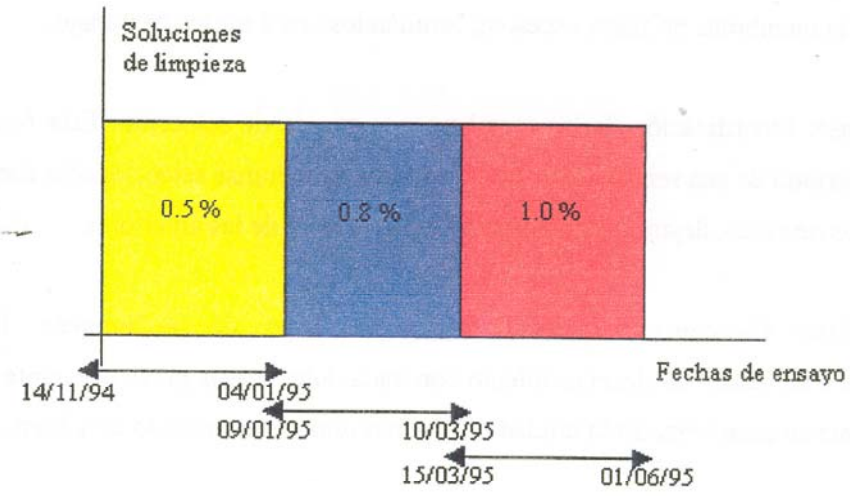
Por tanto la duración de cada ensayo era de 8 horas de trabajo, de las que 5 horas se utilizaba para cada experiencia y el resto del tiempo se empleaba para otras tareas tales cómo, calibración de instrumentos, puesta a punto de los equipos electromecánicos, limpieza del recinto, etc...

Se realizaron los ensayos entre mediados de Noviembre de 1994 y finales de Mayo de 1995, empleándose los siguientes períodos en función de la concentración de los productos químicos.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**PERÍODOS DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LIMPIEZA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS.**




## 6.13. Normativas.

Se indican las normas consultadas tanto para la obtención de resultados a nivel de laboratorio cómo las relativas al manejo y obtención de los mismos en la unidad de prueba.

D 512 –89 Test Methods for Chloride Ion in Water.

D 4458 –85 Test Method for Chloride Ions in Brackish Water, Seawater and Brines.

D 1253 –86 Test Methods for Residual Chlorine in Water.

D 3923 –80 Practices for Detecting Leaks in Reverse Osmosis Devices.

D 4194 –85 Standard Test Methods for Operating Characteristics of Reverse Osmosis Devices.

D 4472 –85 Standard Guide for Recordkeeping for Reverse Osmosis Systems.

D 4516 –85 Standard Practice for Standardizing Reverse Osmosis Perfomance Data.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 7. Desarrollo de los ensayos.

7.1. Introducción.
7.2. Condiciones que debían cumplir las membranas de O.I.
7.3. Condiciones que debían cumplir la instalación de pruebas.
7.4. Condiciones de funcionamiento de los ensayos.
7.5. Registro de datos.
7.6. Toma de muestras.
7.7. Modelo de Estadillo de datos.
7.8. Criterios adoptados para anular ensayos.
7.9. Desarrollo del ensayo.
7.10. Cuaderno de resultados.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 7. Desarrollo de los Ensayos

## 7.1. Introducción.

Los criterios adoptados para la realización de los ensayos de limpieza se especifican en los apartados siguientes, así cómo también las incidencias acaecidas durante la realización de los mismos recogidas de forma individual en el anexo nº 3.

## 7.2 Condiciones que debían cumplir las membranas de O.I.

Las membranas de ósmosis inversa seleccionadas presentaban las siguientes características:

I. La configuración de las mismas era de arrollamiento en espiral.
II. El material de la capa activa era de poliamida aromática.
III. El promedio nominal de rechazo de sales era superior al 99.5 %.
IV. El caudal nominal era de 4000 GPD.
V. El fabricante era Dow Chemical, modelo Filmtec FT-30 para agua de mar SW 8040HR.
VI. Una vida útil de operatividad similar, tres años.
VII. Un similar comportamiento dado que se habían escogido fundamentalmente las membranas que ocupaban la posición primera en la caja de presión de seis unidades, todas dentro de la misma etapa y del mismo rack de ósmosis inversa.
VIII. Una información histórica muy valiosa con datos de funcionamiento desde la puesta en marcha.
IX. Eran membranas cuya decisión de reemplazarlas había sido objeto de estudios previos de control, reproducción de las condiciones reales de funcionamiento mediante la simulación en software y por último, el contraste de la hipótesis de partida mediante ensayos unitarios en una planta modular de pruebas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 7.3. Condiciones que debían cumplir la instalación de pruebas.

La instalación o unidad de pruebas debía ser y lo era, de carácter modular, de manera que se pudiera asegurar la nula o mínima interferencia de otras membranas, como era el caso de la disposición serie en un tubo portamembranas de seis elementos.

La realización de un mantenimiento predictivo y correctivo de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de los equipos electromecánicos, con objeto de asegurar la reproducción idéntica de las condiciones de funcionamiento en cada una de las membranas.

Una instrumentación de campo adecuada a las necesidades, con controles periódicos de calibración e incluso chequeos rutinarios con instrumentación portátil.

Una mano de obra cualificada para el manejo de la propia instalación, toma de muestras y de datos de funcionamiento.

Además la instalación reunía las ventajas de un acceso fácil, y la no menos importante reproducción exacta de las condiciones reales de funcionamiento.

Debía tener dos unidades diferenciadas para el ensayo: una para realizar el lavado que se realizaba en un circuito independiente con una bomba de lavado de baja presión y otra para comprobar el estado de la misma llevada en otro circuito independiente con una bomba de alta presión.

## 7.4. Condiciones de funcionamiento en los ensayos.

Los ensayos se debían realizar en idénticas condiciones que eran:

(a) La presión de alimentación que debía mantenerse a la entrada de la membrana era de 67 bar. Su ajuste se llevaba a cabo con una válvula "tipo aguja" de alta presión en acero inoxidable.
(b) El índice de ensuciamiento, SDI debía mantenerse entre por debajo de 3.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

(c) La conductividad del agua de alimentación a membranas debía mantenerse entre los valores de 50300 y 52600 µS/cm, correspondiente a los valores límites del agua de mar en dicha zona.

(d) La temperatura del agua de entrada a las membranas era entre 20 y 22 °C., por el aumento del grado de insolación a lo largo del día.

(e) El caudal de salmuera a mantener en cada membrana era de 5 $m^3/h$, lo cual se conseguía mediante el ajuste con una válvula de precisión.

## 7.5. Registro de datos.

En este tipo de instalaciones es necesario tomar los siguientes datos de operación:

- referidos al agua de alimentación a membranas.
  - ✓ pH
  - ✓ Conductividad
  - ✓ Temperatura
  - ✓ Indice de ensuciamiento
  - ✓ Potencial de oxidación-reducción
  - ✓ Caudal de agua de alimentación bruta de mar
  - ✓ Presión de alimentación a la entrada de la membrana
- referidos al agua desalada.
  - ✓ Conductividad
  - ✓ Caudal de agua desalada
  - ✓ Factor de conversión
  - ✓ Presión de salida de la membrana
  - ✓ Pérdida de carga en la membrana.

En cuanto a la importancia de los datos del agua de alimentación a membranas, ello es necesario para reflejar en todo momento que las condiciones de ensayo son idénticas. Por otro lado, la relativa al agua desalada es la consecuencia del resultado obtenido.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 7.6. Toma de muestras.

Durante cada ensayo se obtenían muestras tanto del agua de alimentación, cómo del rechazo y del agua desalada, a través de unas válvulas de grifo preparadas para tal fin.

Inicialmente estas muestras eran llevadas al Laboratorio de la propia instalación para contraste de los registros obtenidos, y posteriormente dicho contraste se hacía "in situ" con instrumentación portátil.

## 7.7. Modelo de Estadillo de datos.

Se adjunta el modelo diseñado para la recogida de los datos en cada una de las pruebas realizadas, donde se especificarán las observaciones y anomalías existentes en la realización de la prueba.

**FECHA :**

**Nº SERIE MEMBRANA :**

**AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN)**

| | |
|---|---|
| S D I | |
| TEMPERATURA(ºC) | |
| pH | |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | |
| CLORUROS ALIMENTACIÓN (ppm) | |
| TURBIDEZ (NTU) | |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | | |
| TEMPERATURA (ºC) | | |
| CAUDAL ($m^3/h$) | | |
| pH | | |
| TURBIDEZ (NTU) | | |
| CLORUROS (ppm) | | |

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| **P. TRABAJO (bar)** | |
| **P. DIFERENCIAL (bar)** | |
| **FACTOR DE CONVERSIÓN (%)** | |

NOTAS :

## 7.8. Criterios adoptados para anular los ensayos.

Los criterios que se establecieron para anular y repetir posteriormente el ensayo fueron:

1) Los cortes de suministro eléctrico debidos tanto a causas propias como ajenas.
2) Las averías producidas en los equipos electromecánicos.
3) Fugas de agua en los cierres laterales de la caja de presión portamembrana.
4) Medidas de control en la calidad del agua desalada que indicaran valores por encima de 2000 µS/cm.
5) Inadecuada calibración de los equipos de instrumentación.
6) Dosificaciones incorrectas de los productos químicos de limpieza.
7) Variación del orden de adición del producto químico en la solución de limpieza.

## 7.9. Desarrollo del ensayo .

El ensayo realizado para cada membrana de O.I. consistía en las siguientes etapas:

A. **Preparación y adecuación de la membrana**: En ésta etapa se procedía a desembalar la membrana de su bolsa de plástico y de la caja de cartón. Se comprobaba que el número de identificación de la membrana coincidía con la plantilla tipo para la recogida de datos.

B. **Acondicionamiento de la unidad de ensayo**: Se realizaban las comprobaciones eléctricas, mecánicas y de instrumentación necesarias para la puesta en marcha de la instalación de prueba.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

C. **Caracterización de la membrana**: A la membrana objeto de ensayo, se le desplazaba agua dulce con la bomba de lavado a baja presión y posteriormente esa membrana era caracterizada en el circuito de alta presión en las condiciones estándar.

D. **Preparación de las soluciones de limpieza**: Las soluciones de limpieza eran preparadas en un depósito con electroagitador.

E. **Ensayo de limpieza**: Con el circuito de lavado se procedía a realizar el ensayo de limpieza a la membrana que previamente había sido caracterizada en el circuito de alta presión.

F. **Caracterización de la membrana**: Una vez finalizada la etapa anterior, se caracterizaba la membrana en el circuito de alta presión, para ver que resultados se obtenían.

## 7.10. Cuaderno de resultados.

Se adjunta en el anexo nº 3, los resultados de los distintos ensayos realizados separados por grupos, indicando en los mismos las incidencias ocurridas.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 8. Análisis de los resultados y modelización matemática.

8.1. Introducción.

8.2. Discusión de los resultados.

8.2.1. Bloque nº1: Relativo al comportamiento individualizado

8.2.2. Bloque nº2: Relativo al comportamiento de cada uno de los agentes de limpieza frente a la dosificación

8.3. Modelización Matemática.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 8. Análisis de resultados y modelización matemática.

## 8.1. Introducción.

En este capítulo se pretende analizar los resultados obtenidos de los diversos ensayos realizados. Éstos se efectuarán en dos bloques de la siguiente forma:

Bloque nº1: Relativo al comportamiento individualizado de cada uno de los parámetros estudiados en cada una de las soluciones de limpieza.

Bloque nº2: Relativo al comportamiento de cada uno de los agentes de limpieza frente a la dosificación.

Por último, intentaremos modelizar los resultados obtenidos, mediante el empleo de leyes matemáticas adecuadas.

## 8.2. Discusión de los resultados.

### *8.2.1. Bloque nº1: Relativo al comportamiento individualizado.*

La discusión de los resultados se plantea analizando el comportamiento de los cuatro parámetros de funcionamiento en una membrana antes y después de realizar una limpieza química determinada.

Es decir, estudiaremos los siguientes parámetros:

- conductividad
- caudal
- turbidez
- factor de conversión

medidos tanto en la caracterización previa como en la caracterización posterior de la limpieza, representados en unas gráficas con diagramas de barras.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

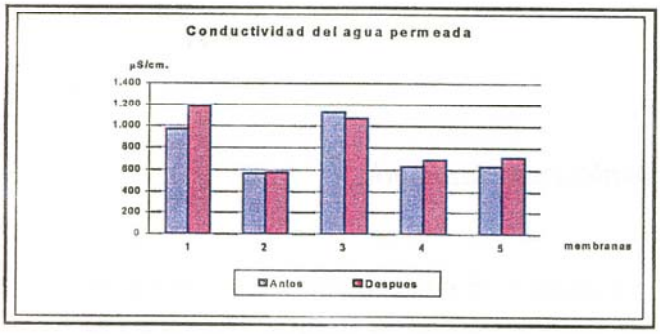
Para determinar el comportamiento se ha calculado la variación experimentada como tanto por ciento, en cada uno de los cuatro parámetros estudiados. La representación gráfica utilizada es igualmente la de diagrama de barras con indicación del porcentaje de variación.

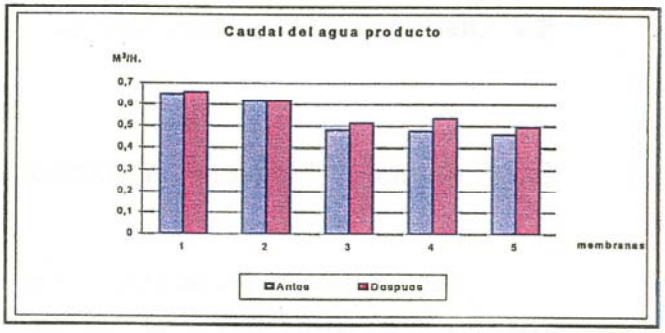
Por tanto, en cada solución de limpieza ensayada aparecen cuatro gráficas con valores medidos y otras cuatro gráficas con valores calculados, todos relativos a los parámetros de funcionamiento anteriormente citados.

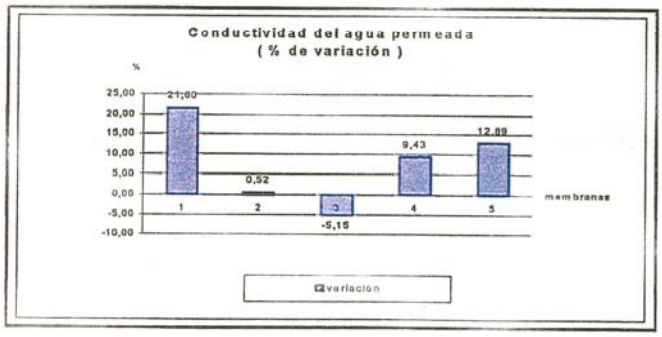
De los seis tipos de soluciones de limpieza química realizadas cada una de ellas en tres concentraciones diferentes, se han podido obtener 144 gráficas de las cuales el 50% corresponden a valores de medida y el otro 50% a valores calculados.

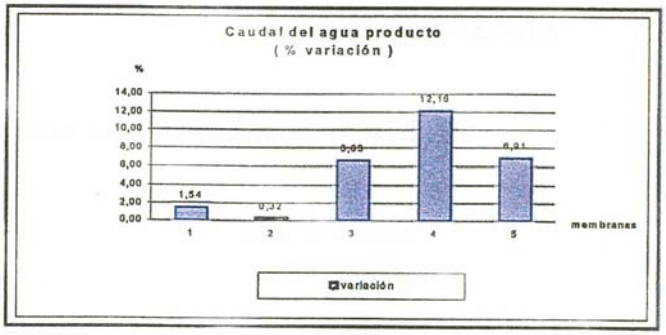
Aunque el conjunto de dichas gráficas se encuentran en el anexo nº4, veamos a continuación la primera solución y analicemos los resultados.

<u>Solución A: nº1: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.5%</u>




En los dos gráficos superiores hemos representado los valores obtenidos, conductividad y caudal del antes y después en ordenada, frente al nº de membranas ensayadas.

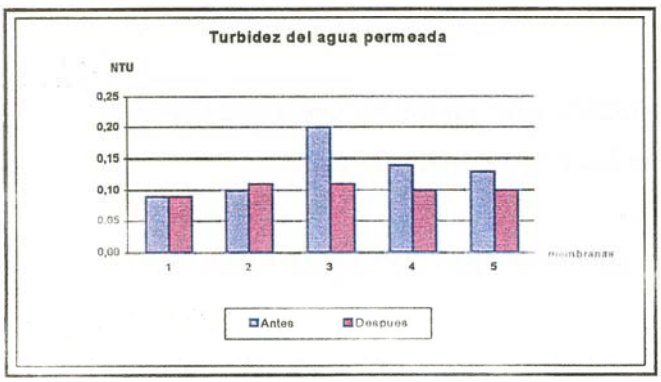
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

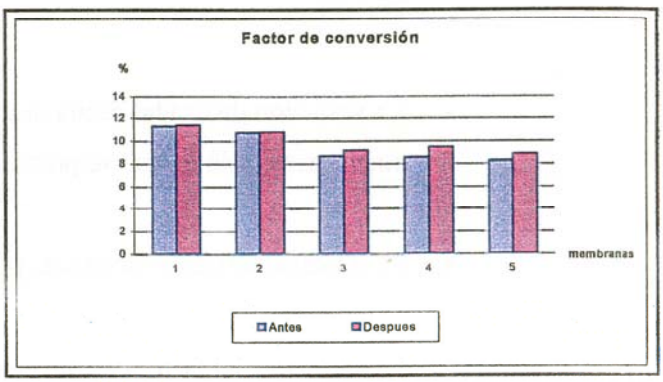
En los dos gráficos inferiores, en abscisas hemos mantenido el nº de membranas y en ordenadas la variación experimentada tanto en conductividad como en caudal.

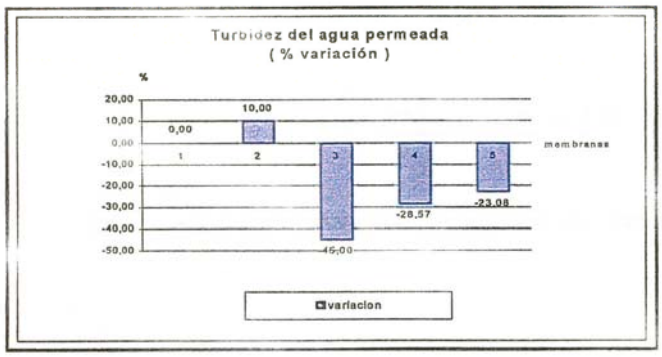
Se observa que la variación de la conductividad del agua permeada oscila desde -5.15% hasta +21.60%. Esto quiere decir, que empeora la calidad del agua producto en un 21.60%, una vez que a la membrana se le ha efectuado la limpieza.

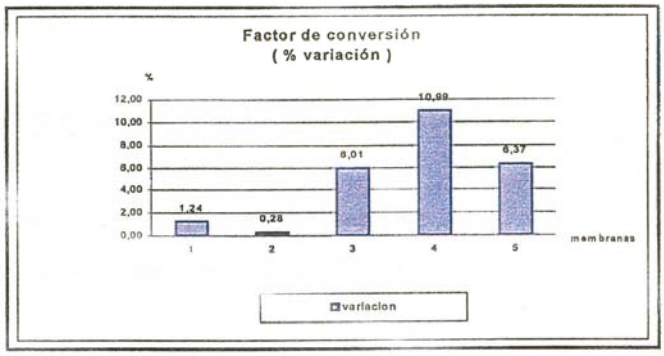
En cuanto a la variación del caudal experimentada por las membranas en la solución, en todos los casos aumenta, con valores desde 0.32 a 12.16% de incremento en la productividad.

Las siguientes gráficas nos indican el comportamiento del antes y del después de los dos parámetros restantes, la turbidez y el factor de conversión.




En los dos gráficos superiores, indicamos nuevamente en ordenadas dichos parámetros y en abscisas el nº de membranas.

En los dos gráficos inferiores, aparece la variación de cada uno de los parámetros en ordenadas y en abscisas el nº de membranas.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

La turbidez del agua permeada empeora alcanzando el valor del +10% y en otros casos mejora hasta valores del -45%.

El factor de conversión de la membrana aumenta en todos los casos, desde 0.28 al 6.37%.

De forma resumida podemos seguir comentando los resultados obtenidos en las diecisiete soluciones restantes.

Solución A: nº2: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.8%.

- La variación de la conductividad del agua producida por la membrana, aumenta en todos los casos excepto en uno de ellos, encontrándose valores desde el 0.0 al 28.10%.

- La variación de caudal oscila desde -13.24% hasta un 6.89%. Obsérvese que de los cinco casos, sólo en uno se produce un descenso de productividad.

- La máxima variación alcanzada por la turbidez es del -26.67% y del 8.33%.

- La variación del factor de conversión oscila desde un +5.61% a -12.12%. Solamente existe un caso donde disminuye el factor de conversión.

Solución A: nº3: Limpieza básica con hidróxido sódico al 1.0%.

- El mayor porcentaje de empeoramiento de la calidad del agua permeada es del +9.80% y de mejora en -9.10%.

- La variación de caudal es de +2.59 a 3.19%.

- La variación de turbidez es de +18.18 a -37.50%.

- La variación de la conversión oscila desde -2.02 a 2.75%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución B: nº4: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.5%.

- En todos los casos, la calidad del agua permeada mejora tras la limpieza, con valores de -0.84% a -12.08%.
- La variación de caudal oscila desde -5.64% a un 8.55%.
- La variación de la turbidez presentada es desde -28.87 a 30.00%.
- La variación del factor de conversión nos indica el rango de -5.19 a +8.16%.

Solución B: nº5: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.8%.

- El máximo valor de mejora de la calidad del agua permeada es de -15.32% y el valor máximo de empeoramiento es de +4.83%.
- En todos los casos, se incrementa el caudal de agua producto tras la limpieza, con un rango desde +4.01 a 22.86%.
- En todos los casos, la turbidez es menor después de la limpieza, con valores desde -35.71 a -10.00%.
- En todos los casos, nuevamente se incrementa el factor de conversión, desde un +5.00 a 20.20%.

Solución B: nº6: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 1.0%.

- Excepto en un caso en que la conductividad mejora, con valor de –1.17%, en el resto empeora hasta valores de +15.13%.
- A excepción de un caso, donde disminuye el caudal en un -12.76%, en el resto se incrementa llegando hasta él +5.79%.
- La variación de la turbidez es desde -21.43% hasta él +8.33%.
- La variación del factor de conversión oscila entre -11.83% hasta él +5.62%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución C: nº7: Limpieza en dos etapas, ácida con ácido clorhídrico y básica con sosa al 0.5%.

- El rango de variación de la calidad en el agua permeada oscila desde -9.85 a +69.02%.
- El rango de incremento en el caudal de agua producto es de +2.43 a +22.50%.
- La mejora de la turbidez es de -54.55 a +0.00%.
- En todos los casos, aumenta el factor de conversión desde 2.07 a 19.89%.

Solución C: nº8: Limpieza en dos etapas, ácida con ácido clorhídrico y básica con sosa al 0.8%.

- El rango de variación de la calidad del agua permeada oscile desde -1.82 al 21.73%.
- El rango de variación del caudal del agua permeada oscila desde -2.33 al 10.49%.
- En todos los casos, la variación de la turbidez experimentada es de mejora, con valores de -15.38 hasta -30.77%.
- El factor de conversión varía desde -2.02 a +8.62%.

Solución C: nº9: Limpieza en dos etapas, ácida con ácido clorhídrico y básica con sosa al 1.0%.

- La conductividad del agua permeada varía desde -3.11 a +21.69%.
- En todos los casos, aumenta el porcentaje de caudal después de la limpieza, con valores desde +1.79 a 4.21%.
- El rango de variación de la turbidez es de +0.00 a -12.50%.
- El incremento en todos los casos del factor de conversión es de +1.72 a 3.74%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución D: nº10: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%.

- En todos los casos, la conductividad del agua empeora, desde +9.35 a 37.69%.
- A excepción de un caso, -3.45% donde disminuye el caudal, en el resto se incrementa hasta un valor máximo de +21.33%.
- El rango de variación de la turbidez oscila entre -26.92 a +25.00%.
- El máximo valor del incremento en el factor de conversión es de +18.68% y el máximo valor de su merma es del -3.09%.

Solución D: nº11: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%.

- El campo de variación de la calidad en el agua permeada es de -8.70 a +51.21%.
- De igual forma respecto al caudal de agua producida oscila de -2.73 a +22.96%.
- Respecto a la turbidez, tenemos de -14.29 a +15.38%.
- En cuanto al factor de conversión con valores de -1.75 a 20.21%.

Solución D: nº12: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%.

- El rango de variación de la conductividad es de -10.75 a +11.32%.
- Respecto al caudal es de -2.04 a +2.59%.
- El rango de variación en la turbidez es de -7.14% a +16.67%.
- Aumenta el factor de conversión en todos los casos, desde -2.27 a 2.50%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución E: nº13: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.5%.

- La variación en la calidad del agua permeada oscila desde -3.60 a +3.39%.
- De igual forma, respecto al caudal de agua producto desde -3.56 a +4.63%.
- El rango de variación en la turbidez del agua permeada es de -37.50 a +0.00%.
- De igual forma, respecto al factor de conversión de -3.47 a +4.17%.

Solución E: nº14: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.8%.

- La conductividad varía desde -3.41 a +52.24%.
- El caudal varía desde -1.63 a +5.81%.
- En todos los casos, disminuye la turbidez del agua permeada, desde -33.33 hasta -18.18%.
- El factor de conversión varía de -1.03 a 5.33%.

Solución E: nº15: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 1.0%.

- La conductividad varía de -2.35 a +4.90%.
- El caudal varía de -4.06 a +2.86%.
- La turbidez varía de -12.50 a +16.67%.
- El factor de conversión varía de -4.76 a +2.02%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución F: nº16: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%.

- La conductividad varía de -17.65 a +17.81%.
- El caudal varía de -7.77 a +6.87%.
- La turbidez varía de -6.67 a +7.69%.
- El factor de conversión varía de -7.61 a +5.91%.

Solución F: nº17: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%.

- La calidad del agua permeada empeora en todos los casos, con valores desde +10.08 a +29.03%.
- El caudal varía de -4.87 a +17.22%.
- La turbidez varía de -40.91 a +18.18%.
- El factor de conversión varía de -4.55 a 16.90%.

Solución F: nº18: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%.

- La calidad varía desde -20.19 a +12.24%.
- El caudal varía desde -12.24 a +1.12%.
- La turbidez varía desde -26.67 a +7.69%.
- El factor de conversión varía de -11.36 a +0.00%.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Destacaremos de una forma aún más resumida los resultados más significativos y relevantes.

1) Las máximas variaciones obtenidas para mejorar la calidad del agua permeada se producen en las soluciones F, (nº 16) y (nº 18), limpieza en dos etapas, ácida con detergente y básica con detergente al 0.5 y 1.0% respectivamente.

2) Los máximos valores obtenidos de merma de calidad en el agua permeada se han obtenido en las soluciones E, limpieza ácida con detergente al 0.8% (nº 14) y C, limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5% (nº 7).

3) Los mayores porcentajes de incremento en el caudal de agua producto se han dado en la solución D, limpieza básica con detergente al 0.8% (nº 11) y B, limpieza ácida al 0.8% (nº5).

4) Los máximos valores de merma en el caudal de agua producido se han dado en la solución A, limpieza básica al 0.8% (nº 2) y F, limpieza en dos etapas, ácida con detergente y básica con detergente al 1.0% (nº 18).

5) Los máximos valores de mejora en la turbidez se han presentado en las soluciones C, limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5% (nº 7) y A, limpieza básica al 0.5% (nº1).

6) Los peores valores de la turbidez encontrados han sido en las soluciones C, limpieza en dos etapas, ácida y básica al 0.8% (nº 8) y B, limpieza ácida al 0.5% (nº 4).

7) Los valores máximos obtenidos en el aumento del factor de conversión se han dado en las soluciones D, limpieza básica con detergente al 0.8% (nº 11); B, limpieza ácida al 0.8% (nº 5); C, limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5% (nº 7).

8) Los máximos valores obtenidos en la merma del factor de conversión se han producido en las soluciones A, limpieza básica al 0.8% (nº2); B, limpieza ácida al 1.0% (nº 6) y F, limpieza en dos etapas, ácida con detergente y básica con detergente y básica con detergente al 1.0% (nº 18).

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

### *8.2.2. Bloque nº2: Relativo al comportamiento de cada uno de los agentes de limpieza frente a la dosificación.*

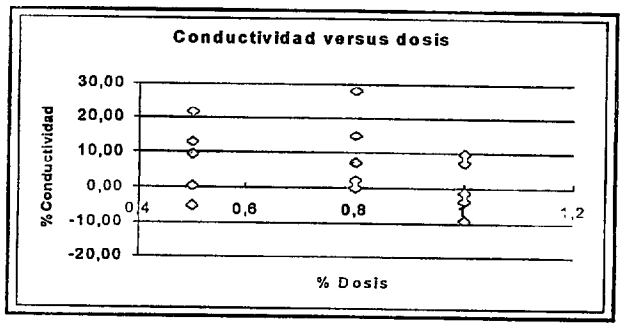
En este caso, se plantea la discusión de los resultados de forma distinta al caso anterior. Es decir, analizaremos las variaciones de cada uno de los cuatro parámetros estudiados frente a la dosificación de la solución de limpieza química.

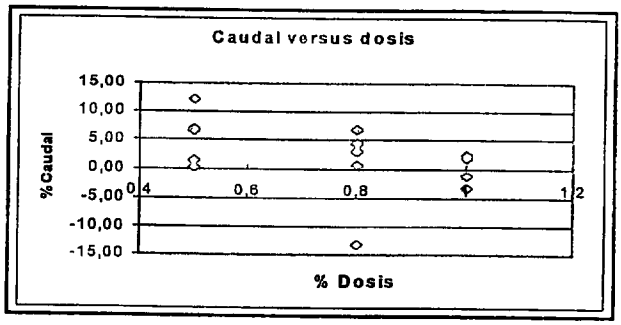
Por tanto, seguiremos utilizando los valores calculados, que han sido obtenidos de valores medidos.

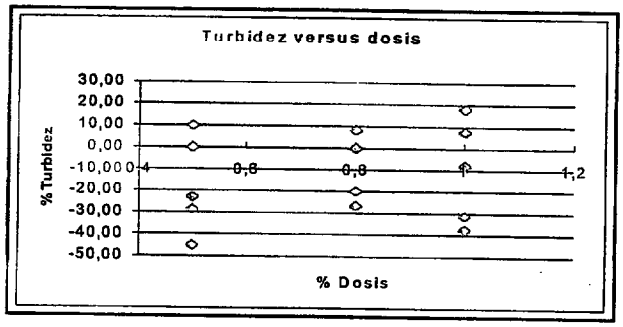
Cada parámetro estudiado contiene cinco valores calculados por cada una de las tres concentraciones empleadas en las soluciones de limpieza. Por tanto, en total se dispone de 15 valores calculados por parámetro en cada una de las seis soluciones ensayadas, pudiéndose elaborar 24 gráficos.

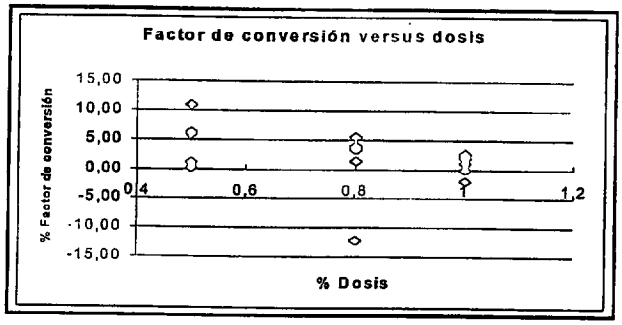
Aunque estos se pueden ver con mayor detalle en el anexo nº5, desarrollaremos el primero de ellos.

Para la solución A, correspondiente al agente de limpieza sosa cáustica, representaremos en abscisas la dosis o concentración de la solución y en ordenadas las variaciones de cada uno de los cuatro parámetros estudiados.




© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Como se podrá observar de las representaciones gráficas, existen 3 grupos de cinco valores calculados situados y de forma muy dispersa sobre la vertical de cada valor de la dosis empleada, no permitiéndome poder relacionar el comportamiento de cada uno de los parámetros frente a la dosis, en cada solución de limpieza.

## 8.3. Modelización matemática.

Se ha intentado modelar el comportamiento de cada uno de los cuatro parámetros frente a la dosis en cada una de las seis soluciones ensayadas.

Planteamos ecuaciones con curvas aproximantes, todas de función polinómica con grado variable desde uno a grado sexto, tratando de determinar el coeficiente de correlación por el método de los mínimos cuadrados.

Se utilizó como herramienta informática un programa específico, denominado Matlab, versión 4.2 C1 de Mathwork Corporation.

Se han tabulado los resultados obtenidos en cuatro tablas distintas, reflejando en cada una de ellas el coeficiente de correlación, según el grado de la función polinómica, respecto a la variación de cada uno de los parámetros respecto a las dosis de la solución.

Veamos a continuación los resultados obtenidos:

Tabla I: % conductividad versus % dosis.

| Coeficiente de Correlación | Solución de limpieza | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
| N=1 | 0.1798 | 0.1370 | 0.2487 | 0.013 | 0.1791 | 0.1402 |
| N=2 | 0.3332 | 0.1480 | 0.3295 | 0.3194 | 0.2398 | 0.1404 |
| N=3 | 0.5809 | 0.2425 | 0.3574 | 0.3471 | 0.4416 | 0.1543 |
| N=4 | 0.5827 | 0.3275 | 0.3850 | 0.4490 | 0.5300 | 0.5073 |



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| Tabla II: % caudal versus % dosis. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Coeficiente de Correlación | Solución de limpieza | | | | | |
| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
| N=1 | 0.2362 | 0.1087 | 0.1857 | 0.1477 | 0.2828 | 0.1917 |
| N=2 | 0.2846 | 0.3774 | 0.2912 | 0.4061 | 0.4532 | 0.3363 |
| N=3 | 0.3315 | 0.3776 | 0.2990 | 0.4061 | 0.4637 | 0.3516 |
| N=4 | 0.3330 | 0.4376 | 0.3130 | 0.4195 | 0.4652 | 0.5552 |

| Tabla III: % turbidez versus % dosis. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Coeficiente de Correlación | Solución de limpieza | | | | | |
| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
| N=1 | 0.2227 | 0.3780 | 0.3906 | 0.3328 | 0.0928 | 0.4499 |
| N=2 | 0.4660 | 0.3780 | 0.4512 | 0.3500 | 0.1027 | 0.4703 |
| N=3 | 0.6478 | 0.4793 | 0.4654 | 0.3535 | 0.1053 | 0.4911 |
| N=4 | 0.6638 | 0.4906 | 0.5410 | 0.3822 | 0.1215 | 0.4913 |

| Tabla IV: % factor de conversión versus % dosis. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Coeficiente de Correlación | Solución de limpieza | | | | | |
| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
| N=1 | 0.2350 | 0.0637 | 0.1706 | 0.1358 | 0.2923 | 0.1461 |
| N=2 | 0.3160 | 0.3072 | 0.2972 | 0.3977 | 0.3408 | 0.3076 |
| N=3 | 0.3819 | 0.3074 | 0.3029 | 0.3978 | 0.4150 | 0.3208 |
| N=4 | 0.3823 | 0.4098 | 0.3109 | 0.4125 | 0.4180 | 0.5294 |

Como se podrá observar, los máximos valores de los coeficientes de correlación obtenidos se dan con funciones polinómicas de cuarto grado, cuyas representaciones gráficas no son para nuestro caso significativo, por lo que desistimos en la búsqueda de un modelo matemático que encaje con estos resultados.

Por otro lado, tampoco era aconsejable realizar un análisis estadístico por el tamaño tan reducido de la muestra en el caso del bloque nº1, relativo al comportamiento individualizado de cada uno de los cuatro parámetros en las distintas soluciones de limpieza.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Por tanto, podemos concluir que no me ha sido posible realizar una modelización de los resultados por varias razones:

- Amplia dispersión de los resultados.
- Coeficientes de correlación bajos.
- Curvas de aproximación con grados superiores a dos y con precisión cuestionable.
- Tamaño reducido de la muestra.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 9. Conclusiones y sugerencias.

9.1. Introducción.

9.2.Conclusiones.

9.3. Sugerencias.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Capítulo 9. Conclusiones y Sugerencias.

## 9.1. Introducción

En éste último capítulo, antes de proceder a detallar las conclusiones y sugerencias, se efectuará un brevísimo resumen de lo recogido anteriormente.

En el capítulo 1, se resalta el origen de ésta Tesis Doctoral que surge como consecuencia de la necesidad de reducir la tasa de reposición en las membranas instaladas, disponiendo a mi alcance tanto de medios como de infraestructura para llevar a cabo las experiencias en condiciones reales de funcionamiento.

En el capítulo 2, se indica la situación actual en que se encuentra el proceso tecnológico de la ósmosis inversa, argumentándose que inevitablemente las membranas terminan ensuciándose por varios motivos, destacando entre otros, las propias horas de funcionamiento, el tipo de captación del agua, el pretratamiento, etc..

Además se establece el fundamento técnico en las ecuaciones básicas de transporte con el modelo solución-difusión, generalmente aceptado por todos, para su aplicación en la ósmosis inversa. En dicho capítulo, también se incluye la definición de los parámetros de funcionamiento en la membrana así cómo de los principales pretratamientos empleados contra el ensuciamiento, finalizando con las consideraciones generales que se deben tener en cuenta para realizar una limpieza química.

En el capítulo 3, se hace hincapié en la escasa información relativa a los métodos de limpieza en membranas, realizándose en consecuencia una investigación bibliográfica.

La revisión bibliográfica, aportada en el capítulo 4, se efectúa en dos bloques, el primero acerca del ensuciamiento y el segundo sobre limpiezas, encontrándome frente a una frontera del conocimiento inaccesible, que consiste en averiguar como se produce el ensuciamiento en la membrana o incluso que reacciones se producen en la misma cuando se la somete a una limpieza química.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

En el capítulo 5, identifico los objetivos definitivos de la Tesis Doctoral, que son por un lado, la búsqueda de un método racional y universal de limpiezas químicas y por otro lado, la selección de los agentes de limpieza y sus dosificaciones de empleo.

En el capítulo 6, se hace la descripción de la metodología, de los equipos e instalaciones usadas, de la planificación y de la secuencia metodológica empleada.

En el capítulo 7, se establecen las condiciones de desarrollo en que se realizaron los ensayos de limpieza, indicando los criterios adoptados.

En el capítulo 8, se presentan las variaciones experimentadas por los cuatro parámetros estudiados para ver el comportamiento de la membrana antes y después de la limpieza.

Se ha efectuado un análisis de los resultados de dos maneras distintas, con un comportamiento individualizado para cada una de las 18 soluciones de limpieza y con la variación de la dosis de la solución de limpieza.

Del primer bloque analizado, se indica que existen soluciones de limpieza que producen tanto efectos positivos como negativos, cuantificándose las variaciones encontradas.

En el segundo bloque analizado, no me ha sido posible encontrar alguna relación del efecto que produce la dosis de la solución de limpieza respecto al comportamiento de la membrana.

La modelización matemática realizada a cada uno de los dos bloques no ha sido fructuosa por la amplia dispersión de los resultados y el tamaño reducido de la muestra.

En este capítulo, finalmente paso a comentar las conclusiones, separando las generales de las de carácter específico, y una serie de sugerencias para continuar con la investigación.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 9.2. Conclusiones.

### a) Metodológicas:

1. De la secuencia metodológica utilizada, se puede observar la existencia de un efecto que pudiera condicionar los resultados obtenidos en el comportamiento de la membrana cuando se la somete a una serie de limpiezas consecutivas. Por tanto los efectos producidos en las últimas soluciones de limpieza ensayadas, son acumulativos de las anteriores.

2. Para evitar posibles interacciones entre limpiezas consecutivas, sería conveniente formar grupos diferentes de membranas.

3. Las soluciones de limpieza con productos químicos y detergentes presentan mejores resultados en general, que las soluciones de limpieza con productos químicos sin detergentes, por lo que podríamos prescindir de estas últimas en la selección de las mismas cuando el agente ensuciante en la membrana está fundamentalmente compuesto por materia orgánica.

### b) Pretratamiento:

1. No se puede asegurar la nula actividad biológica en el agua de alimentación a la unidad de pruebas, sobre todo si esta proviene pretratada por la instalación principal.

2. Es preciso dotar a la unidad de pruebas de un pretratamiento físico-químico propio y en su defecto complementario a la instalación principal.

### c) Limpiezas:

1. Con las soluciones en dos etapas, ácida con detergente y básica con detergente, nº 16 y 18, se han obtenido las mejores calidades en el agua producida por la membrana, tras la limpieza, medida en términos de porcentaje de variación de conductividad.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

2. Con las soluciones en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa (nº 7) y ácida con detergente (nº14) se han obtenido después de las limpiezas, las aguas de peor calidad, medidas igualmente en términos de porcentaje de variación de conductividad.

3. Los mayores incrementos de caudal en la membrana después de la limpieza se han dado en las soluciones de limpieza básica con detergente (nº11), ácida sin detergente (nº5) y en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa (nº 7).

4. Las mayores mermas de productividad en la membrana se han presentado en las soluciones básicas sin detergente (nº 2), ácida sin detergente (nº 6) y en dos etapas ácida y básica con detergente (nº 18).

### d) Generales:

1. El tamaño reducido de la muestra no permite realizar un adecuado tratamiento estadístico en el análisis de los resultados obtenidos en las variaciones de los parámetros de funcionamiento frente a las distintas soluciones de limpieza utilizadas.

2. La amplia dispersión de los resultados relativos al comportamiento de los parámetros de funcionamiento frente a la dosis de la solución de limpieza, nos conduce a unos coeficientes de correlación muy bajos y a unas curvas poco representativas.

3. Las variaciones porcentuales obtenidas en el análisis de cada uno de los parámetros de funcionamiento frente a las distintas soluciones de limpieza, nos indican la tendencia y el comportamiento real de la membrana.

4. No podemos cuantificar en el comportamiento de la membrana, las variaciones experimentadas por los parámetros de funcionamiento frente a la variación de la dosis de la solución de limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 9.3. Sugerencias.

A continuación se exponen las siguientes sugerencias para continuar desarrollando la investigación de la limpieza de membranas, así como la posibilidad de extenderlas a nuevos caminos.



Sugerencias:

1. Seleccionar adecuadamente las soluciones de limpieza a ensayar, previo ensayos en laboratorio tanto de productos como en dosificaciones.

2. Aumentar el tamaño de la muestra.

3. Cuantificar la carga contaminante residual de la membrana usada.

Ampliación posible de la investigación:

1. Estudio del agente contaminante en cuestión, tanto acerca de su origen como del mecanismo de actuación sobre la membrana y sus efectos.

2. Estudio y comprensión de las reacciones de limpieza que tienen lugar.

3. Desarrollo de un modelo matemático para la interpretación de la eficacia o ineficacia de la limpieza basado en el modelo de solución difusión.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexos

Nº 1 : Documentación bibliográfica.

Nº 2 : Productos químicos.

Nº 3 : Hojas de datos.

Nº 4 : Gráficos obtenidos del comportamiento individualizado de cada uno de los parámetros en cada una de las soluciones de limpieza.

Nº 5 : Gráficos obtenidos del comportamiento globalizado de los agentes de limpieza frente a la dosificación.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexo N°1. Documentación bibliográfica

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ANEXO Nº 1: DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

## INTRODUCCIÓN

En este anexo se han recogido solamente aquellos documentos más relevantes y significativos para la redacción y comprensión de esta tesis doctoral. Se han extraído literalmente de los mismos, los resúmenes y abstracts publicados por los autores.

Se ha optado por ordenar los mismos atendiendo a las fechas más recientes.

## INDICE

**Baker J.S, Dudley L.Y. (1999)** ..... 2
**Veza J.M, Sadhwani J. (1998)** ..... 3
**Veza J.M. (1998)** ..... 4
**Baker J.S, Dudley L.Y. (1998)** ..... 8
**Veza J.M, Sadhwani J. (1997)** ..... 9
**Ebrahim S, (1994)** ..... 10
**Amjad Zahid, Workman Kenneth, Castete Donald (1993)** ..... 11
**Siler J.L, (1992)** ..... 13
**Hickman Carl, (1991)** ..... 14
**Piqué G. (1990).** ..... 15
**Gunträgardh, (1989)** ..... 16
**Graham S.I, Reitz R.L, Hickman C.E, (1989)** ..... 17
**Amjad Zahid, (1989)** ..... 18
**Ebrahim S, Malik A, (1987)** ..... 19
**Whittaker C, Ridgway H, Olson B. (1984)** ..... 20
**Fariñas M, Crovetto J.M., (1984)** ..... 21
**Fariñas M. (1984).** ..... 22
**Johnson Jolaine, Leahy Thomas, (1982).** ..... 23
**Grace W.R, Columbia MD, (1977)** ..... 25

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Baker J.S, Dudley L.Y. (1999), Membrane biofilms. Characterization from Case Studies & Recommendations for Control, Desalination & Water Reuse, Vol 814, 41-46.**

## ABSTRACT

Biofouling of an RO system is a frequent operational problem in all regions of the world, and in common with other types of membrane fouling, system performance is usually impeded. Reducctions in product flow rate, a decrease in salt rejection or an increase in hydraulic pressure losses are all common symptoms of biofouling. The first evidence of a biofilm problem is frequently seen as a differential pressure increase, although this only becomes apparent after significant biomass has formed.

Biofilms comprise both the bacteria and their metabolic products, these being the so-called extracellular polysaccharide (EPS) slimes Which are produced in situ by many bacterial species. This slime traps colloidal material, promotes increased concentration polarization and can increase the potential for scalant precipitation. The severity of the biofouling encountered in any system varies as a funtion of the nutrient load of the feed water, and its temperature.

Good pre-treatment of the feed water is crucial to the successful operation of the RO system by limiting the foulants present. While the control of most foulants is carried out with considerable success the preventioin of biofilm formation is less effective.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Veza J.M, Sadhwani J., 1998, Métodos de limpieza para membranas de ósmosis inversa, Ingeniería Civil, 110, 119-124.**

## RESUMEN

La limpieza de membranas en las plantas de desalación por ósmosis inversa se ha convertido en un aspecto relevante de la operación de las plantas, puesto que el uso de procedimientos adecuados tiene una influencia importante sobre el funcionamiento de la membrana, lo cual a su vez implica un efecto en los costos operacionales (reposición de membranas, consumo de energía).

Los procedimientos de limpieza de membranas no se han abordado de una forma sistemática hasta ahora, y con vistas a desarrollar procedimientos efectivos de limpieza, se han llevado a cabo una serie de ensayos con distintos agentres de limpieza y en varias dosis, en una unidad piloto.

Los agentes de limpieza utilizados fueron productos alcalinos y ácidos, así como mezclas de aquellos con detergentes. Las dosis para los agentes limpiadores oscilaron entre 0,5 y 1%. La metodología de trabajo consiste en tres etapas: a) medida del rendimiento de operación (caracterización) de una membrana sucia, b) ejecución de un proceso de limpieza, y c) nuevamente medida de rendimiento de la membrana después de la limpieza.

En cada ensayo se midieron el caudal, la conductividad y la turbidez, tanto para la alimentación como para el producto, antes y después de la limpieza, para poder comparar el funcionamiento. En la serie de ensayos parevios se realizaron 12 experimentos, y en cada uno de ellos se probaron al menos cinco elementos de membrana diferentes.

Los ensayos previos ya han proporcionado alguna información de interés. El producto mas prometedor parece ser el ácido clorhídrico (0,8%) que dio lugar a un aumento del caudal de producto de 12,3% y una disminución de la conductividad de 4,5%, junto con una reducción en la turbidez de producto de 21,1%.

Los resultados alcanzados se consideran una primera etapa dentro de unprograma de investigación mas amplio y que continúa en desarrollo.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Baker J.S, Dudley L.Y. (1999), Membrane biofilms. Characterization from Case Studies & Recommendations for Control, Desalination & Water Reuse, Vol 814, 41-46.**

## ABSTRACT

Biofouling of an RO system is a frequent operational problem in all regions of the world, and in common with other types of membrane fouling, system performance is usually impeded. Reducctions in product flow rate, a decrease in salt rejection or an increase in hydraulic pressure losses are all common symptoms of biofouling. The first evidence of a biofilm problem is frequently seen as a differential pressure increase, although this only becomes apparent after significant biomass has formed.

Biofilms comprise both the bacteria and their metabolic products, these being the so-called extracellular polysaccharide (EPS) slimes Which are produced in situ by many bacterial species. This slime traps colloidal material, promotes increased concentration polarization and can increase the potential for scalant precipitation. The severity of the biofouling encountered in any system varies as a funtion of the nutrient load of the feed water, and its temperature.

Good pre-treatment of the feed water is crucial to the successful operation of the RO system by limiting the foulants present. While the control of most foulants is carried out with considerable success the preventioin of biofilm formation is less effective.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Veza J.M., (1998), Desarrollo de métodos para limpieza de membranas de ósmosis inversa para desalación de aguas (LIMEM). Proyecto de Innovación Tecnológica, Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de Canarias.**

## RESUMEN

Este documento constituye la Memoria relativa al proyecto "Desarrollo de sistemas de limpieza de membranas de ósmosis inversa", realizado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en colaboración con PRIDESA y la Universidad Politécnica de Madrid.

El proyecto esta subvencionado por la Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de Canarias en el marco de la convocatoria para la concesión de subvenciones a Proyectos de Innovación Tecnológica publicada en 1995, concretamente en la línea prioritaria 2.1. Producción, tratamiento y recuperación de aguas. El presupuesto total del proyecto aprobado es de dieciocho millones de pesetas.

Esta Memoria descriptiva se presenta sin perjuicio de que en futuras publicaciones se realice la discusión detallada de los resultados. Por otra parte los trabajos aquí expuestos se consideran tan solo la primera fase de una línea de investigación y desarrollo que debe continuar y ampliarse en el futuro.

Las tecnologías de desalación de aguas se han extendido mucho en Canarias, y han pasado a constituir un sistema frecuente de suministro de agua. Aproximadamente dos tercios de las plantas de desalación en Canarias, utilizan la tecnología de ósmosis inversa. En estas plantas, uno de los inconvenientes habituales es el ensuciamiento de las membranas de las membranas de ósmosis inversa, por efecto de los contenidos del agua de alimentación, y ello a pesar del pretratamiento a que se somete el agua bruta. El tipo de ensuciamiento mas preocupante es el de origen biológico (biofouling), y en su formación tiene gran incidencia el tipo de toma de agua de mar utilizada. En general una mejor calidad de agua bruta o mas efectivo sea el pretratamiento, menos problemas de ensuciamiento tendrá la planta. Los efectos de este se muestran en un pérdida de producción, una pérdida de calidad en el agua producto, y por último, una pérdida de carga mayor de la admisible.

Los objetivos de la limpieza son los de: mejorar la producción en términos de caudal y de calidad del agua producto; alargar la vida útil de las membranas; y en definitiva, reducir costos de explotación de la planta.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Los objetivos básicos de este proyecto eran los siguientes: realizar ensayos sistemáticos de sistemas de limpieza; publicar los resultados; y disponer de equipos adecuados para campañas sucesivas.

La realización práctica del proyecto ha contado con limitaciones en el ámbito temporal y de tesorería. La concesión de la subvención fue en Julio de 1996, con plazo límite de realización en Junio de 1997.

Entre los trabajos realizados se incluye una revisión de la bibliografía. Respecto a los ensayos experimentales, y ante la imposibilidad de adquirir el equipo necesario y realizar los ensayos dentro del plazo de tiempo disponible, se optó por utilizar una instalación existente cedida por PRIDESA.

La metodología seguida en cada uno de los ensayos ha consistido en un triple etapa: caracterización del elemento de membrana antes de la limpieza, limpieza del elemento de membrana, nueva caracterización del elemento una vez limpio. Cada ensayo se ha realizado con un elemento distinto de membrana de arrollamiento en espiral, usado previamente en plantas comerciales. Además de una serie completa de datos de campo, cada ensayo permite deducir los siguientes parámetros de rendimiento: variación de la producción (entre el antes y el después de la limpieza); variación de la conductividad; variación de la conversión; y variación del rechazo.

Se han probado cuatro combinaciones de aditivos de limpieza: ácido cítrico (concentraciones 1 y 1.5 %); hidróxido sódico (concentraciones 0.5, 1 y 1.5 %); combinación de ácido cítrico e hidróxido sódico (concentraciones 1 y 1.5 %); y detergente comercial (concentraciones 0.5 y 0.7 %). Se han realizado ensayos repetidos tres veces, hasta un total de treinta y seis ensayos.

La caracterización inicial de los elementos de membrana, antes de proceder a su limpieza, ha producido unos resultados aceptables en cuanto a la producción de agua (entre 9 y 14 $m^3$ / día), pero indeseables en los que se refiere a la calidad del producto. La conductividad de producto en muchos casos está por encima de 1000 µS/cm, alcanzando hasta 3000 µS/cm, probablemente debido a los periodos de uso y almacenamiento de los elementos comerciales utilizados. Los resultados son en todo caso útiles para la comparación en términos relativos del efecto de la limpieza, antes y después de la misma.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Un estudio de la repetitividad de la caracterización permitió comprobar que efectivamente los resultados de la misma se repiten dentro de un margen entre 450 y 490 L/h para la producción, y 735 a 945 µS/cm para la conductividad de producto.

El comportamiento de los elementos tras la limpieza, en términos generales, indica que la mayoría de los ensayos producen una mejora en la conversión, si bien el efecto es muy poco significado en lo que se refiere al rechazo de sales.

Concretamente, los ensayos realizados con sosa producen los mayores aumentos en la conversión (entre 10 y 30 % de mejora). También la combinación de cítrico y sosa (dos etapas de limpieza) es efectiva en la limpieza, con mejoras entre 8 y 18 %. Los resultados de la limpieza con cítrico son, en líneas generales, menos efectivos. Las limpiezas con detergente no aumentan significativamente la conversión.

Respecto al rechazo de sales, los ensayos con cítrico son los que producen mejores resultados, aunque las mejoras en el rechazo solo son del orden de 2 a 3%.

Se realizaron ensayos a tres concentraciones distintas de sosa (entre 0.5, 1, y 1.5%) y dos de ácido (1 y 1.5 %) con vistas a determinar el efecto de la concentración. Sin embargo, los resultados de la limpieza son dispersos y no se puede deducir una tendencia clara respecto a la influencia de la concentración del limiador.

Asimismo se ensayó la repetitividad del ensayo de limpieza. Una alternativa es la de repetir el ensayo sobre el mismo elemento de membrana (triple limpieza del mismo elemento). Realizado con ácido cítrico y con sosa, en los tres casos mejoró la productividad (entre 9.4 y 18%), y muy ligeramente el rechazo.

Otra alternativa es repetir el mismo ensayo sobre elementos de membranas diferentes. Para el caso del cítrico, la variabilidad de los resultados respecto a mejora de la productividad es amplia, mientras respectoal rechazo es mas homogénea. Para la sosa laproductividad varia en un margen también muy amplio, mientras el rechazo se mantiene casi sin variación.

Poder relacionar el proceso de limpieza con la suciedad presente en el elemento de membrana, y como se ha reducido esta suciedad, es el objetivo final de los ensayos. Se ha realizado un primer intento para establecer esta relación, mediante el análisis de la concentración de carbono orgánico total (COT) en las soluciones de limpieza al iniciar y al



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

finalizar la misma. También se ha estudiado el efecto de la limpieza sobre el contenido en cloruros.

Los resultados obtenidos son de nuevo dispersos, y no permiten establecer de de forma clara una correlación respecto a la eliminación de materia orgánica o cloruros durante el proceso de limpieza. Recuérdese que cada elemento de membrana tenía unas condiciones diferentes de suciedad previa.

Sin embargo consideramos prioritaria en el futuro esta línea de trabajo, diseñando experiencias concretas que permitan conocer con detalle el efecto de limpieza.

Los ensayos de caracterización y limpieza de membranas se han realizado en un aunidad piloto instalada en la planta desaladora de Arucas y Moya, instalada en El Puertillo (Arucas), cuya explotación corre a cargo de PRIDESA. En la Memoria se comentan brevemente las ventajas e inconvenientes de la realización conjunta de proyectos de innovación tecnológica.

Para la continuación de este proyecto en el futuro, se han adquirido diversos equipos necesarios para construir una planta piloto o de ensayos.

El proyecto ha sido subvencionado por la Consejería de Economíca y Hacienda del Gobierno de Canarias, cuya colaboración agradecemos.

Investigador principal: Dr. D. José Miguel Veza Iglesias. ULPGC
Colaboradores Investigadores: Catedrático Dr. Aurelio Hernández. UPM.
Dr. Manuel Crovetto. PRIDESA
D. J. Jaime Sadhwani Alonso ULPGC

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Baker J.S, Dudley L.Y. (1998). Biofouling in membrane systems. A review. Desalination 118, 81 - 90.**

## ABSTRACT

The use of microbiocides, particularly chlorine may be advantageous to operation but can also exacerbate biofouling problems. Microorganisms subjected to low levels of biocides often exude large amounts of extracellular polysccharides (EPS) as a protection, and it is this EPS material that forms the biofilm. This paper examines the causes and effects of obstinate biofilms in membrane elements. In these cases problems of increased differential pressure have proven difficult to correct during routine cleaning cycles. Consequently, regrowth rates, as indicated by this differential pressure for such biofilms have been rapid. Experimental data has been taken from more than a hudred membrane autopsies from around the world. These autopsies have been undertaken when such problematic biofilms are encountered. These confirm that biofilms formed in process and membrane systems are comparable except that membrane biofilms contain greater numbers of fungi. Some operating systems have reported the cessation of chlorination with a significant reduction of biofouling. The paper considers possible causes for this. It also consider the increasing use of proprietary non- oxidising microbiocides. Conclusions are that biofouling is endemic within membrane systems, yet many systems operate satisfactorily even with a biofilm. Foulant layers can be "conditioned" or "hardened" by the repeated use of cleaning programmes and there is a strong case for alternating cleaners and biocides as used by the cooling water treatment industry.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Veza J.M, Sadhwani J. (1997). Cleaning methods for reverse osmosis membranes, IDA, Volume II, 393-407.**

## ABSTRACT

Membrane cleaning in reverse osmosis desalination plants has become a relevant issue within plant operation, since the use of appropiate cleaning procedures has a strong influence upon the membrane performance, which in turn means an effect on the operational cost (membrane replacement, energy consumption).

The membrane cleaning procedures have not been systematically approached, and in order to develop efficient cleaning procedures a number of trials have been carried out under variable type of cleaning agents and various doses, in a pilot plant.

Cleaning agents used are alkaline and acid chemicals, detergent, and mixtures of alkaline and or acid with detergents. Doses for the cleaning agents vary from 0.5 to 1.0%, the working methodology consist of three steps: a) measuring performance of operation with a fouled membrane, b) carrying out a celaning process, and c) again measurement of operation performance with the clean membrane.

On each trial the flow, conductivity and turbidity were measured both for feed and product water, before and after the cleaning stage, in order to be able to compare performance. For the preliminary set of experiments, 12 tests were caried out, each of them involving at least 5 membrane elements.

Preliminary trials have already provided with some interesting data. The most promising chemical seems to be hydrochloric acid (0.8%) which provided an average increase in product flow rate of 12.3% and a decrease in product conductivity of 4.5% together with a reduction in product turbidity of 21.1%.

The results achieved are regarded as a first stage in a wider research project still in progress.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Ebrahim S, (1994), Cleaning and regeneration of membranes in desalination and wastewater applications: State of the art, Desalination 96, 225-238.**


## SUMMARY

Membrane fouling is a major problem in brackish ande seawater desalination and in wastewater reclamation by reverse osmosis processes. Proper pretrearment and periodic cleaning and regeneration are the only available and widely used solutions for this problem.

A critical review of methods of cleaning and regeneration of brackish water, seawater, and wastewater reverse osmosis membranes is presented. The review covers physical, chemical and physio-chemical cleaning methods, in addition of reverse osmosis (RO) membranes. Recent developments in cleaning and regeneration techniques and areas of research are also discussed.


© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Amjad Zahid, Workman Kenneth, Castete Donald (1993), Considerations in membrane cleaning, Reverse Osmosis, 210-36.**

## ABSTRACT

Reverse osmosis (RO) is an accepted unit of operation in a variety of industries. RO plants are used throughout the world as self-contained systems or as pretrealment to ion exchange (IX) equipment. RO systems are used in a large variety of industries: semiconductor, pharmaceutical, cosmetic, power, food and bevarage, waste water reclalmation, and potable water production from seawater anda brack ish waters (Koseoglu 1990; Paarise et al. Pepper 1990; pinttner 1986;Sackinger 1985; Simpson 1983; Treffry-Goatley et al. 1983) The removal of dissolved ions, suspended matter, and microorganisms is of paramount importance in these applications.

The economic feasibility of RO systems largely depens on maximizing the permeation rate and the membrane life. Studies have indicated that RO system efficiency depends on the maintenance of the membrane in an unfoyled contion. Probably the greatest problem experienced in the use of these systems in foyuling by deposits (Arora and Trompeter 1983; Flemming and Schaule 1988; Himelstein and Amjad 1985; Paul and Rahman 1990; Paulson 1987; Ridgway et al. 1985). In many cases, fouled membranes cause reduction in flux rate and operating efficiency, leading to unscheduled shutdown, lost production time, replacement of membrane, and the like, thereby increasing operating costs. Prevention of membrane fouling in one of the most important aspects of an RO system application.

The successful and reliable operation of an RO system requires the application of the best possible methods to prevent membrane fouling. Efforts to control membrane fouling in RO systems have focused on feed- water prretreatments, including acid feed and the addition of antiscalants (Amjad 1987, 1989 a; Amjad et al. 1988; Logan 1987; Reitz 1984). Despite the success of these approaches, membrane fouling remains a problem. Experience suggests that feed-water pretreatment alone is inadequate. Therefore, regular cleaning should be an integral part of system operation (Amjad 1989 B; Graham et al. 1989; Luss 1986).

Fouling problems are often not apparent because system performance appears to be adequate. However, several common foulants may be present in minute quantities. If these foulants are allowed to accumulate on the membrane, a gradual, but serious, deterioration of

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

performance will occur. Eventually, the membrane will become irreversibly fouled, necessitating replacement.

Membrane failure problems are acused by a number of conditions, both mechanical and chemical. When membrane failures occur, it is important to identify correctly the root cause and take corrective actions to prevent recurrences. In any instance of membrane filure, deposit analysis is a hey factor in solving the problem.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Siler J.L, 1992, A comparison of reverse osmosis membrane cleaning methods, Westinghouse Savannah River Company-RP-56.**

## SUMMARY

Testing was conducted at TNX to evaluate the reverse osmosis (RO) cleaniing methods in use at the F/H Effluent Treatment Facility (ETF). The present ETF membrane cleaning protocol involves a low-pressure-no-permeation method using NaOH. This work has examined the effectiveness of the present ETF method, due to the lack of improvement following the cleanings sometimes observed.

This study has evaluated both low pressure (15-20 psi with no permeation) and high pressure (200 psi with permeation) cleaning methods with sequetial cleaning using NaOH and Filmtec Alkaline Cleaner. The importance of the cleaning sequence with these two chemicals was also examined.

The amount of flux which could be restored was found to be very dependent upon the sequence in chich the cleaning steps were performed. The NaOH-then-Filmtec sequence returned the clean water flux to pre-fouled conditions or better and substantially improved the DFsd; whereas, a Filmtec-then-NaOH sequence restored only 90% of the pre-fouled flux values and only slightly improved the DFs. No significant differences were observed between cleaning operations at low or high presure.

Iwt recommends that the ETF use a Two-step cleaning process of NaOH followed by the Filmtec alkaline cleaner. This cleaning method should restore performance to pre-fouled conditions.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Hickman Carl, 1991, Membrane cleaning techniques, American Water Works Association, 329-44.**

## ABSTRACT

Significant advances have been made in membrane performance and membrane life during the first two decades of commercial reverse osmosis system manufacture. The "High Rejection" membrane of 1970 offered 375 gallons per day at 97% sodium chloride rejection. (1) three year mambrane lifetime warranty was considered a bold offer today's membranes rotinely offer 1800 gallons per day at 98% salt rejection in the same size package, and the five year membrane lifetime warranty is common.

Significant developments have also occurred in membrane cleaning techniques. In the early 1970's permanent cleaning systems were rare in spiral membrane plants. Dupont Permasep Division, and later other membrane manufacturers, recognized a need for membrane cleaning and began to recommend cleaning systems in their design guidelines. (2) Early cleaning solution recommendations were rather simple generic formulations, laundry products or laboratory glassware cleaners. Figure 1 is "solution B" developed up 1973 by the ROGA Division Gulf General Atomic (Now Fluid Systems Corporation). This formula was developed to replace "Biz" detergent as a cleaner for cellulose acetate membrane.

As membrane perfomance and expected life have improved, the importance of membrane cleaning that performance has increased. In the past ten years, several companies have begun to offer commercial cleaners specifically designed for membrane use. In contrast to "Solución B" a powdered cleaning formula currently being sold for cellulose acetate membrane contains a surfactant, two phosphate builders, one nonphosphte builder, a chelating agent, pH buffers and a dispersant (3). A wide range of proprietary high performance cleaners are available from several manufacturers. These formulations, specifically developed for use with reverse osmosis membrane, offer assured membrane compatibility with improved performance over generic cleaners.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Piqué G. (1990) Potabilizadora de agua de mar por ósmosis inversa. Hydranautics.**

## ABSTRACT

Limpieza de membranas Hydranautics

Hay dos tipos de ensuciamiento de membranas de ósmosis inversa de agua de mar que cubren casi todos los casos:

1.- Ensuciamiento con hierro (normalmente productos de corrosión de la tubería o de equipos) . El hierro se quita fácilmente de las membranas de ósmosis si prepara una solución como sigue:

Por cada 1000 litros de agua permeado mezcle 10 Kilos de ácido cítrico. Revuelva hasta que el ácido quede totalmente disuelto. Añada 5 kilos de sal sódica de EDTA, si la tiene disponible. Ajuste el pH a 4.5. Circule por 50 minutos a razón de 35-40 gpm por tubo.

Enjuague con agua de mar por 10 minutos y arranque la planta.

2.- Si tiene toma abierta, no es raro que se encuentre un problema de algas, bacterias, o de materia orgánica. La limpieza con detergentes que quitan ensuciamiento orgánico se efectúa como sigue (precaución no utilice detergentes de supermercado):

Por cada 1000 litros de agua permeado mezcle 10 kilos de fosfato trisódico, 10 kilos de borax y 10 kilos de EDTA. Revuelva hasta que los detergentes queden totalmente disultos. Ajuste pH a 10.5 si es necesario. Circule la solución por 50 minutos a razón de 35-40 gpm por tubo.

Enjuague con agua de mar por 10 minutos y arranque la planta.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Gunträgardh, 1989, Membrane cleaning, Desalination 71, 325-335.**


## SUMMARY

Fouling as well as the presence and growth of microorganisms necessitate regular cleaning and disenfection of membranes and membrane separation plants, especially those used for food and biotechnological applications.

Factors of importance for membrane fouling reduction and for membrane cleaning such as flow conditions, pretreatment, membrane properties, water quality cleaning agents, and cleaning performance, are reviewed and discussed.


© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Graham S.I, Reitz R.L, Hickman C.e, 1989, Improving reverse osmosis performance through periodic cleaning, Desalination 74, 113-124.**

## SUMMARY

Periodic cleaning of a membrane to remove foulant accumulations is essential to maintain quality and quantity of product water and maximize membrane life. This paper discusses issues such as when to clean, how to select a chemical treatment and how to evaluate the success of the cleaning procedure. Operating histories of several RO systenms are discussed to illustrate these concepts.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Amjad Zahid, 1989, Advances in membrane cleaners for reverse osmosis systems, Ultrapure water, 6, 38-40, 42.**

## ABSTRACT

The use of reverse osmosos (RO) in high purity water systems during the last 15 years has achieved broad acceptance, especially in the semiconductor, pharmaceutical, cosmetic, and power industries where the removal of microorganisms, dissolved ions, and suspended matter is of paramount importance. Large RO plants are in use throughout the world as self-contained systems or pretreatment to ion exchange equipment. Other areas in which RO is widely used include plating and metal finishing, food and bevarage, wastewater reclamation, and production of potable water from sea/brackish waters.

Studies have shown that RO system efficiency depends on the maintenance of the membrane in an unfouled condition. Probably the greatest problem experienced in the use of these systems is fouling of the membrane by deposits. In many cases fouled membranes cause reductions in flux rate and operating efficiency, leading to unscheduled shudown, lost production time, and replacement of membranes thereby increasing operating costs. Membrane fouling prevention is one of the most important aspects of RO system application.

Fouling problems are often not apparent because system performance appears to be adequate. However,several common foulants may be present in inute aquantities. If these foulants are allowed to accumulate on the membrane, a gradual and serious deterioration of performance will occur. Eventually the membrane may become irreversibly fouled and will require replacement.

Efforts to control membrane fouling in RO systems have focused on feedwater pretreatment, including acid feed and use of antiscalants. Athough this approach has been remarkably successful, membrane fouling still occurs. In many cases, experience suggests that feedwater pretreatment alone is inadequate. Therefore, regular cleaning should be an integral part of system operation.

In 1985, The BF Goodrich Company introduced a comprehensive parogram called TEC-ROTM (Techinical Evaluation and Chemicals for Reverse Osmosis Systems) to the RO industry.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Ebrahim S, Malik A, (1987), Membrane fouling and cleaning at drop, Desalination 66, 201-221.**

## ABSTRACT

Depending on the quality of the feed water and the mode of operation, chemical cleaning/restoration orf reverse osmosis membranes is needed.

At the Doha Reverse Osmosis Plant of Kuwait (DROP), conventional pretreated surface seawater is used to feed three membrane configuration system which have been running satisfactorily for more than two years. During this period, many cleaning and restoration procedures were carried aut. Some were successful and some failed to give satisfactory results.

This paper describes the cleaning cycles, the performance restoration of fouled membranes, chemicals, and procedures during the first 30 months of operation.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Whittaker C, Ridgway H, Olson B. (1984), Evaluation of cleaning strategies for removal of biofilm from reverse-osmosis membranes. Applies Environmental Microbiology. Vol 48, p 395-403.**

## ABSTRACT

An evaluation was made of the efficiency of five classes of chemical cleaning agents for removing biofilm from spirally wound cellulose acetate reverse-osmosis membranes receiving influent with higt or low levels of combined chlorine. Each cleaning regimen utilized one or more of the following types of chemical: (i) surfactants and detergents, (ii) chaotropic agents, (iii) bactericidal agents, (iv), enzymes, and (v) antiprecipitans. Cleaning efficiency was tested in the laboratory on membrane material removed from operations at various intervals (2 to 74 days). Cleaning effectiveness was evaluated against nontreated control membranes and was scored by scanning electron microscopy and enumeration of surviving bacteria after treatment of the membranes. The combinations of classes which were most effective in biofilm removal were the anionic and chaotropic agent combination and combinations involving exzyme-containing preparations. Membranes receiving influient with high levels of combined chlorine were easier to clean but more susceptible to structural damage from prolonged exposure to combined chlorine. No trealment or combinatiion of treatments was completely effective or effective at all stages of biofilm development.

Environmental Analysis, Program in Social Ecology, University of California 92717 and Water Factory 21, Orange County Water District, Fountain Valley, California 92708.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Fariñas M, Crovetto J.M., (1984). Desalación de agua por ósmosis inversa. Ingeniería Química,**

## ABSTRACT

La ósmosis inversa es un proceso de separación y concentración en el que se utilizan membranas semipermeables.

Aunque la aplicación industrial más importante de este proceso ha sido la desalación del agua, en la actualidad se uso comienza a extenderse a otros muchos campos.

A fin de familiarizar al lector con esta técnica, el presente trabajo lo dividiremos en los siguientes capítulos:

1.- Los principios de la O.I.
2.- Membranas y módulos.
3.- Pretratamientos
4.- Concepción de una planta
5.- Criterios de explotación
6.- Aspectos económicos
7.- Conclusiones.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Fariñas M. (1984). Desalación: Una alternativa a los problemas de escasez de agua. Tecnlogía del agua, 17.**

## ABSTRACT

La desalación de aguas de mar o salinas, puede ser una solución para zonas áridas. Sin embargo antes de adopotar una solución concreta, deben valorarse las distintas técnicas existentes: MSF, MED y RO (con fin único o dual las dos primeras), así como su probable evolución enb el próximo futuro.

El estudio económico comparativo, muestra que las plantas de RO tienen importantes ventajas, si bien son sensibles a las variaciones en la duración de las membranas, y el coste final sigue siendo elevado para su uso en la agricultura, por lo que este queda restingrido al consumo humano y otros usos afines.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Johnson Jolaine, Leahy Thomas, 1982, Development of new cleaning techniques for reverse osmosis membranes. Dow Chemical Company, 183 p.**

## SUMMARY

Several cleaning methods for the control of silt fouling of reverse osmosis permeators have been tested and compared. The flow reversal cleaning method, where a permeator flush stream is periodically switched from a feed-to-brine to a brine-to-feed flow direction, appeared the most effective of the cleaning methods tested. When cleaning techniques were combined, cleaning effectiveness was improved slightly. Test results have shown that the addition of a serfactant (0,25 wt. % BIZ laundry detergent) to the cleaning flush stream improved the effectiveness of all of the cleaning methods by an average of 55%. Further tests have shown that the cleaning methods can be scaled to different sized permeators with no significant change in effectiveness. Also, the importance of cleaning frequency in maintaining long term permeator properties has been demonstrated.

On comparison of performance results between separate testing phases it was apparent that the experimental operating conditions were njot consistent between phases. This has been attributed to seasonal changes in the San Joaquin River water (used as feed), to upsets in the operation of the river water clarifier, and to limitations in the ability to measure and control the fouling tendency of the feedwater. Examination of the permeators at the conclusion of each test revealed dramaticalally different silt contents from one testing phase to the next, and it was found that scaling of the membrane surface had occurred in some tests. Correlations between the loss in permator propieties and the silt content and membrane scaling have been noted.

The capital and operating costs associated with applications of the flow rversal with surfactant and the drain/refill with surfactant clening techniques on a 0,5 million gpd brackish water reverse osmosis system have been presented. It has been shown that flow reversal cleaning of such a R.O. system once every six days, or less often, would be economically beneficial. It has also been shown that the economics would improve (1) if lower surfactant level could be used in the cleaning flush stream, (2) ir feedwater could be substituted for R.O. product water as the flush stream, (3) if larger R.O. skids could be cleaned with the cleaning system, and (4) if the cleaning methods increase membrane life beyond three years.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

It is believed that the instalation of a cleaning system may allow operation of a R.O. system on a feedwater with higher than presently acceptable fouling potential and/or that membrane lifetime may be improved with regular claning. Most importantly, the availability of an on-line cleaning system may prevent the necessity of membrane replacement in the event of severe pretreatment system upsets.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Grace W.R, Columbia MD, 1977, Development of low cost membrane cleaning agents, Office of Water Research and Technology, Washinton, DC, 123 p.**

## ABSTRACT

The study included a laboratoy phase and a field-test phase. In the laboratory phase using either a synthetic water or Wellton-Mohawk canal water, scales were deposited on cellulose acetate RO membranes. Cleaning tests were performed with various chemicals and combinations of chemicals. For gypsum scales, a combination of EDTA, ammonium bifluoride was found to be best for $SiO_2$ scales, whereas sodium hydrosulfite was best for irncontaining scales.

Experiments were also run on the effectiveness of several commercially available scale inhibition of calcium carbonate and gypsum scales. These results showed that Aquaness Calnox 214DN and Monsanto's Dequest 2054 were most efective for the inhibition of calcite and gypsum, respectively.

The field-test portion of the program showed that the predominant scale deposit obtained was a clay-like material composed of Si, Al, Ca, Mg and Fe. These deposits are extremely difficult to remove and were only partially removed by some of the better performing cleaners tested in the laboratory.

Gypsum deposits were also found at the high concentration end of the RO modules and in the ED stacks. These deposits were readily removed by our EDTA-$NH_4HCO_3$ - fluorocarbon surfactant formulation.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexo nº2. Productos Químicos

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# P3-ultrasil 10

**Detergente alcalino para la limpieza de membranas en instalaciones de ultrafiltración.**

## COMPOSICION Y PROPIEDADES

**P3-ultrasil 10** es un producto alcalino en polvo, en base a una combinación de tensioactivos y formadores de complejos orgánicos e inorgánicos.

**P3-ultrasil 10** se caracteriza por su poder de limpieza, su acción dispersante y su gran capacidad para el desprendimiento de suciedades muy adheridas. Por su elevado contenido en complejantes, impide la precipitación de las sales de calcio y magnesio debidas a la dureza del agua, durante el proceso de lavado.

Sus componentes de limpieza de gran actividad, hacen de **P3-ultrasil 10** un producto especialmente recomendable para la limpieza de instalaciones de ultrafiltración en la Industria Alimentaria.

## CAMPOS DE APLICACION

**P3-ultrasil 10** se utiliza como detergente alcalino para membranas en instalaciones de ultrafiltración con restos de suero de leche, albúmina, grasa y otros productos alimentarios.

**P3-ultrasil 10** es adecuado siempre que las membranas sean resistentes a concentraciones alcalinas de pH superior a 12.

Importante: Compruébense las especificaciones de las membranas y su comportamiento frente a álcalis y temperaturas. En caso de necesitarlo, no dude en contactar con nuestro Servicio Técnico que le asesorará sobre el detergente y el proces omás adecuado.

## FORMA DE EMPLEO

Una vez realizado un enjuague con agua, se procederá a la limpieza con una disolución de **P3-ultrasil 10** a concentración entre el 0,7 y 1,5 % a temperaturas comprendidas entre 50 y 70 °C (Precaución: La mayor parte de membranas son sensibles a la temperatura y debe realizarse la limpieza sin rebasar los valores tolerados). Se recirculará la disolución entre 30 y 60 minutos. Finalmente se realizará un profundo enjuague hasta eliminar cualquier resto de detergente.

En caso de necesitar una limpieza ácida adicional para mejorar el rendimiento de la membrana, recomendamos el producto **P3-ultrasil 75** después de la limpieza alcalina.

## CONTROL DE LA DISOLUCION DE P3-ULTRASIL 10

Se toman 50 $cm^3$ de la disolución de limpieza, se añaden 3-4 gotas de fenolfaleína y se valora con ácido clorhídrico 0,5 N hasta el viraje de color.

Los $cm^3$ de ácido consumidos, multiplicado por el factor de valoración correspondiente nos da la concentración de p3-ultrasil 10 en % en peso.
Factor de valoración: 0,14

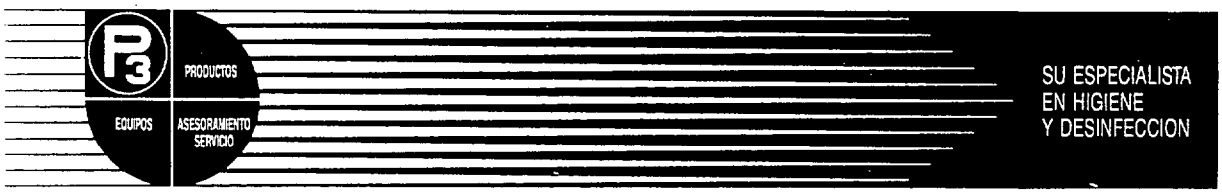
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## CARACTERISTICAS TECNICAS

| | |
|---|---|
| Aspecto físico: | Sólido homogéneo color blanco |
| pH (1 %): | 12,6 aprox. |
| Almacenamiento: | Almacenar en lugar fresco y seco. |
| Frases R/S: | Peligro R35 |
| | Seguridad S2 S26 S28 S37/39 |

IBÉRICAN S. L.
San Vicente Ferrer, 90
Tlfnos.: 28 81 11 - 28 84 20
28 73 63 - 28 73 66
Tlx: 92.308 - Fax: 28 81 13
38001 Santa Cruz de Tenerife

Estas indicaciones están establecidas para condiciones normales de empleo. EN AQUELLOS CASOS EN QUE LAS CONDICIONES SE APARTEN DE LAS NORMALES, ya sea por la dureza del agua, método de trabajo, material a tratar, etc., ROGAMOS CONSULTEN A NUESTRO SERVICIO TECNICO el cual le aconsejará gustosamente.




DIVISION P3 TRATAMIENTO QUIMICO DE SUPERFICIES

**CENTRAL:** Córcega, 480-492 - 08025 BARCELONA - Apartado 1333 - 207 52 53
(20 líneas) - Direc. Telegráfica de Central y Delegación: HENKEL - Telex 54526

Henkel

Henkel Ibérica, S.A.

**DELEGACIONES:** MADRID: Pol. Ind. c/. Julio Palacios s/n LEGANES (Madrid) Tels. 687 94 44/24 - VALENCIA. Argenters s/n. Pol. Vara Cuart Tels. 379 78 00/04 - BILBAO: C/. Barrio La Isla s/n ARACALDO (Vizcaya) Tels. 672 40 04/50 - SEVILLA: Pol. Ind. Ctra. Amarilla C/. Jota Parcela 34 nave 1 Tels. 51 49 44/51 88 - OVIEDO: Ctra. Santander km. 202 GRANDA-SIERO (Oviedo) Tels. 79 33 12/99 - ZARAGOZA: Pol. Ind. Malpica C/. E-71 - Tels. 39 60 08/12 - GRANADA: Prol. C/. Jaén s/n. Pol. Ind. ASEGRA PELIGROS (Granada) Tels. 40 03 66/91 - VALLADOLID: Pol. Ind. San Cristóbal C/. Plata Parcela 86 Tels. 29 16 08/42 14 - SANTIAGO DE COMPOSTELA (La Coruña): Pol. Ind. del Tambre Via Ptolomeo Parc 218.219.220 - Tels. 56 48 09/56 46 79 - Direcciones Telegráficas Henkel.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Ficha de Datos de Seguridad segun la Directiva 91/155/CEE - ISO 11014-1

Clasificacion y etiquetado de acuerdo con el Reglamento sobre Clasificacion, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos.

P3-ultrasil 10

---

## 1. Identificacion del preparado y de la sociedad

Identificacion del preparado:
P3-ultrasil 10

Identificacion de la sociedad:
Henkel Ecolab S.A. Edificio Conata Fructuos Gelabert 2-4, 7- 08970 Sant Joan Despi (Barcelona) Telf. emergencia 34 (93) 290 4067

Telefono del Instituto Nacional de Toxicologia:
(91) 562.04.20

## 2. Composicion/informacion sobre los componentes

Detergente
Declaracion de contenido de acuerdo con la directiva (89/542):
15 - 30 %: EDTA,
inferior al 5% : tensioactivos anionicos,
5 - 15 %: fosfato,
Otros ingredientes: Agentes alcalinos, Sales de acidos organicos e inorganicos

Declaracion de acuerdo 91/155/CEE:

15-<30% Hidroxido sodico
Simbolo: C
Frase R: 35

15-<30% EDTA
Simbolo: Xn
Frase R: 22-36

1-<5 % Tensioactivos anionicos
Simbolo: Xn
Frase R: 22

## 3. Identificacion de peligros del preparado

R 35: Provoca quemaduras graves.

## 4. Primeros auxilios

por inhalacion:
Trasladar al aire fresco
Inhalacion intensiva: trasladar al aire fresco, poner oxigeno, proporcionar atencion medica en un hospital

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

por contacto con la piel:
Lavar con agua corriente y jabon. Cuidar la piel. Separar las ropas contaminadas.

por contacto con los ojos:
Lavar inmediatamente los ojos con abundante agua corriente (durante 10 minutos), aplicar un vendaje esteril, acudir al oculista

por ingestion:
Limpiar la cavidad bucal, beber mucha agua, visitar al medico

## 5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extincion adecuados:
No combustible - Peligro de descomposicion por calentamiento.

Medios que no deben utilizarse por razones de seguridad:
no conocido

Riesgos especiales particulares que resulten del preparado en si, de los productos de combustion o gases producidos:
no inflamable

Equipo de proteccion especial para el personal de lucha contra incendios:
no son necesarias medidas especiales.

## 6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Precauciones individuales:
LLevar equipo de proteccion.
Alejar a las personas sin proteccion.

Precauciones para la proteccion del medio ambiente:
No permitir que grandes cantidades sean vertidas a los desagues.

Metodos de limpieza/recogida:
absorber mecanicamente.

## 7. Manipulacion y almacenamiento

Manipulacion:
Para diluir/disolver, anadir el producto lentamente y bajo agitacion sobre agua.
Abrir y manipular el envase con cuidado.
Evitar la acumulacion de polvo, aspirar.

Almacenamiento:

No almacenar junto con alimentos y otros consumibles

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 8. Controles de exposicion/proteccion personal

Informaciones para la configuracion de plantas tecnicas:
Eliminar totalmente el polvo.
No hay mas informacion. (Ver el apartado 7)

Componentes con valores limite de exposicion en el lugar del trabajo:
Hidroxido sodico
CAS-Nr.: 1310-73-2
MAK: 2 ppm (2 mg/m3)
Tensioactivo anionico
CAS-Nr.: 25155-30-0
MAK: 6 ppm (6 mg/m3)

Proteccion personal:
Proteccion respiratoria: mascara de polvo cuando se genere polvo.
Proteccion de las manos: guantes de proteccion de goma
Proteccion de los ojos: usar gafas de proteccion ajustadas

## 9. Propiedades fisicas y quimicas

| | |
|---|---|
| Estado fisico: | polvo |
| Color: | blanco |
| pH: | ( a 10g/l agua destilada) (20'C) 12,5 |
| Punto de destello: | no aplicable |
| Autoinflamabilidad: | El producto no es auto-inflamable. |
| Densidad relativa: | 970 kg/m3 |

## 10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar:
Ninguna descomposicion si se usa de acuerdo con las especificaciones.

Materias a evitar:
Reacciona con acidos : genera calor

Productos de descomposicion peligrosos:
ninguno si se usa para el fin previsto

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 11. Informacion toxicologica

Contacto con la piel:
El producto es corrosivo para la piel y las mucosas

## 12. Informaciones ecologicas

Persistencia y degradabilidad:
Los tensioactivos anionicos contenidos en el producto, obligados por los requerimientos de la regulacion de tensioactivos (TensV) de 04.06.1986 en detergentes y agentes de limpieza (WRMG) son al menos 90% biodegradables.

En el vertido de productos acidos o alcalinos a las plantas depuradoras se observara que el valor de pH de las aguas vertidas no exceda del margen 6 - 10, ya que valores excesivos pueden perjudicar el sistema de depuracion o las plantas de tratamiento biologico. Las regulaciones locales de vertido deben ser seguidas .

## 13. Consideraciones sobre la eliminacion

Verter con el permiso de las autoridades locales.

## 14. Informacion relativa al transporte

Transporte por carretera ADR/TPC:
Clase: 8 Numero/Letra: 41 b
Identificacion del peligro: 80
Identificacion de la materia: 1823
Designacion del material:
Polvo corrosivo (contiene hidroxido sodico)

Transporte por vias fluviales ADN/ADNR:
Clase: 8 Numero-Letra: 31 a
Descripcion del material:
Polvo corrosivo (contiene hidroxido sodico)

Transporte maritimo IMDG:
Clase: 8 UN-Nr.: 1823 PG: II
EmS: 8-06
MFAG: 705
Nombre tecnico:
Polvo corrosivo (contiene hidroxido sodico)

Transporte aereo ICAO/IATA:
Clase: 8 UN/ID-Nr.: 1823 PG: II
Nombre tecnico:
Polvo corrosivo (contiene hidroxido sodico)

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 15. Informacion reglamentaria

Clasificacion y etiquetado de acuerdo con el Reglamento sobre Clasificacion, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos:

Pictogramas:
C Corrosivo

Ingredientes:
Hidroxido sodico

Frases R:
R 35: Provoca quemaduras graves

Frases S:
S 22: No respirar el polvo.
S 26: En caso de contacto con los ojos, lavese inmediatamente y abundantemente con agua y acudase a un medico.
S 37/39: Usen guantes adecuados y proteccion para los ojos / la cara
S 45: En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al medico (si es posible muestrele la etiqueta)

Decretos nacionales:

## 16. Otras informaciones

Esta informacion esta basada en el estado actual de nuestros conocimientos y se refiere al producto en la forma en que se suministra.Pretende describir nuestros productos bajo el punto de vista de los requisitos de seguridad y no pretende garantizar ninguna propiedad o caracteristica particular.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ANEXO Nº 2 : PRODUCTOS QUÍMICOS

## INTRODUCCIÓN

En este anexo se aportan las especificaciones técnicas de los agentes de limpieza química. Estas especificaciones han sido aportadas por sus fabricantes y/o distribuidores, a los que desde aquí les damos las gracias por la colaboración prestada.

## ÍNDICE

P3-ULTRASIL 10 ..... 2
P3-ULTRASIL 75 ..... 3
SOSA CÁUSTICA 50% (Líquida) ..... 4
ÁCIDO CLORHÍDRICO 33% Síntesis ..... 5

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# P3-ULTRASIL 10

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# P3-ultrasil 75

**Detergente ácido para la limpieza de membranas en instalaciones de ultrafiltración.**

## COMPOSICION Y PROPIEDADES

**P3-ultrasil 75** es un producto ácido líquido, conteniendo una estudiada composición de ácidos inorgánicos que disuelve los componentes inorgánicos de la piedra de leche.

**P3-ultrasil 75** sólo debe emplearse en aparatos y circuitos de acero al cromo-níquel y materiales plásticos resistentes a los ácidos.

**P3-ultrasil 75** no debe mezclarse con ningún otro detergente.

## CAMPOS DE APLICACION

**P3-ultrasil 75** ha sido desarrollado especialmente para la limpieza de instalaciones de ultrafiltración con membranas y soportes estables en medio ácido hasta un pH de 1,6. Una disolución de **P3-ultrasil 75** al 1% tienen un pH de 1,6. Una disolución al 0,5% tiene un pH de 2.

Importante: Compruébense las especificaciones de las membranas y su comportamiento frente a álcalis y temperaturas. En caso de necesitarlo, no dude en contactar con nuestro Servicio Técnico que le asesorará sobre el detergente y el proceso más adecuado.

## FORMA DE EMPLEO

**P3-ultrasil 75** se emplea como fase ácida en la limpieza de instalaciones de ultrafiltración, en combinación con un detergente alcalino. En función del tipo de suciedad, el ciclo de limpieza será ácido-alcalino o alcalino-ácido.

Una vez realizado un enjuague con agua, se procederá a la limpieza con una disolución de **P3-ultrasil 75** a concentración entre el 0,5 y 1% a temperaturas comprendidas entre 50 y 60 °C (Precaución: La mayor parte de membranas son sensibles a la temperatura y debe realizarse la limpieza sin rebasar los valores tolerados). Se recirculará la disolución entre 20 y 40 minutos. Finalmente se realizará un profundo enjuague hasta eliminar cualquier resto de detergente.

## CONTROL DE LA DISOLUCION DE P3-ULTRASIL 75

Se toman 50 $cm^3$ de la disolución de limpieza, se añaden 3-4 gotas de fenolfaleína y se valora con hidróxido sódico 1 N hasta el viraje de color.

Los $cm^3$ de hidróxido sódico consumidos, multiplicado por el factor de valoración correspondiente nos da la concentración de **p3-ultrasil 75** en % en peso.

Factor de valoración: 0,20

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## CARACTERISTICAS TECNICAS

| | |
|---|---|
| Aspecto físico: | Líquido transparente e incoloro |
| pH (1%): | 1,6 aprox. |
| Densidad: | 1,4 g/cm³ |
| Almacenamiento: | Almacenar entre −5 y 50 °C |
| Frases R/S: | Peligro R35 |
| | Seguridad S2 S26 S27 S28 |

IBÉRICAN S. L.
San Vicente Ferrer, 90
Tel.: 34-22-28 81 11
Tlx.: 92308 BADT E
Fax: 34-22-28 81 13
38001 Santa Cruz Tenerife

Estas indicaciones están establecidas para condiciones normales de empleo. EN AQUELLOS CASOS EN QUE LAS CONDICIONES SE APARTEN DE LAS NORMALES, ya sea por la dureza del agua, método de trabajo, material a tratar, etc., ROGAMOS CONSULTEN A NUESTRO SERVICIO TECNICO el cual le aconsejará gustosamente.




DIVISION P3 TRATAMIENTO QUIMICO DE SUPERFICIES

**CENTRAL:** Córcega, 480-492 - 08025 BARCELONA - Apartado 1333 - 207 52 53 (20 líneas) - Direc. Telegráfica de Central y Delegación: HENKEL - Telex 54526

Henkel

Henkel Ibérica, S.A.

**DELEGACIONES:** MADRID: Pol. Ind. c/. Julio Palacios s/n LEGANES (Madrid) Tels. 687 94 44/24 - VALENCIA. Argenters s/n. Pol. Vara Cuart Tels. 379 78 00/04 - BILBAO: C/. Barrio La Isla s/n ARACALDO (Vizcaya) Tels. 672 40 04/50 - SEVILLA: Pol. Ind. Ctra. Amarilla C/. Jota Parcela 34 nave 1 Tels. 51 49 44/51 88 - OVIEDO: Ctra. Santander km. 202 GRANDA-SIERO (Oviedo) Tels. 79 33 12/99 - ZARAGOZA: Pol. Ind. Malpica C/. E-71 - Tels. 39 60 08/12 - GRANADA: Prol. C/. Jaén s/n. Pol. Ind. ASEGRA PELIGROS (Granada) Tels. 40 03 66/91 - VALLADOLID: Pol. Ind. San Cristóbal C/. Plata Parcela 86 Tels. 29 16 08/42 14 - SANTIAGO DE COMPOSTELA (La Coruña): Pol. Ind. del Tambre Via Ptolomeo Parc 218.219.220 - Tels. 56 48 09/56 46 79 - Direcciones Telegráficas Henkel.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# SOSA CÁUSTICA 50% (Líquida)

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

ELNOSA
ELECTROQUIMICA DEL NOROESTE, S.A.

# Ficha de datos de seguridad

versión: 1 fecha: **noviembre-96** producto: **SOSA CAUSTICA 50% (liquida)**

## 1 IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA O DEL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

| | |
|---|---|
| *Nombre del producto:* | Sosa cáustica 50% (liquida) |
| *Nombre químico:* | Hidróxido Sódico |
| *Fórmula química:* | Na OH |
| *Identificación de la sociedad:* | Ver título y pie de página |
| *Teléfonos de emergencia:* | Ver pie de página |
| *Sinónimos:* | Lejía de sosa, lejía cáustica |

## 2 COMPOSICION E INFORMACION DE LOS INGREDIENTES

| | |
|---|---|
| *Componentes:* | Hidróxido Sódico |
| *Concentración:* | 48 - 51% |
| *Número CAS:* | 1310 - 73 - 2 |
| *Número CEE:* | 011 - 002 - 01 - 3 |

## 3 IDENTIFICACION DE PELIGROS

| | |
|---|---|
| *Naturaleza del peligro:* | CORROSIVO. Fuertemente alcalino. |
| *Peligro más importante para el hombre:* | Acción corrosiva, sobre la piel y ojos produciendo serias quemaduras. |
| *Peligros secundarios para el hombre:* | Quemaduras en la piel y ojos si no se lava convenientemente. |
| *Peligros para el medio ambiente:* | Alcalinización de los suelos. |
| *Efectos sobre la salud:* | Por ingestión puede causar perforaciones del tubo digestivo. |
| *Síntomas:* | Irritación inmediata de la piel. Conjuntivitis. Quemaduras en la córnea. Quemaduras en boca y esófago. |

## 4 PRIMEROS AUXILIOS

| | |
|---|---|
| *Información básica:* | Quitar las ropas contaminadas. Lavar con abundante agua (mínimo 15 minutos) cualquier parte afectada. Acudir con urgencia a los servicios médicos. |
| *Forma de actuar para:* | a) Ojos: Lavar con abundante agua (mínimo 15 minutos). Acudir al oftalmólogo.<br>b) Ropas: Quitarlas inmediatamente, si es posible, bajo la ducha.<br>c) Piel: Lavar la zona afectada con abundante agua (mínimo 15 minutos). Acudir a los servicios médicos para tratar la zona quemada. |
| *Ingestión:* | Dar a beber el agua que desee o zumos de frutas. Acudir con urgencia a los servicios médicos. |
| *Inhalación:* | Trasladar al afectado a un lugar ventilado y mantenerlo abrigado. Acudir a los servicios médicos. |
| *Necesidad de asistencia médica:* | Siempre y con urgencia. |
| *Medidas especiales en el lugar de trabajo:* | Usar gafas, pantalla facial y guantes de goma o PVC. Siempre que exista riesgo de derrames o salpicaduras utilizar traje antiácido. |

## 5 MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

| | |
|---|---|
| *Riesgos específicos:* | No es inflamable ni explosivo. |
| *Medios de extinción adecuados:* | Se pueden utilizar todos los extintores conocidos. |
| *Equipo de protección especial para la actuación en incendios:* | No aplicable. |

## 6 MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

| | |
|---|---|
| *Para las personas:* | Evitar el contacto con el producto derramado. No actuar sin prendas de protección. |
| *Para el medio abiente:* | Evitar que el producto derramado llegue a ríos y canales de agua. Absorver el derrame con arena o tierra. En caso de neutralización final, utilizar ácidos muy diluidos. |
| *Métodos de actuación:* | Señalizar la zona. Avisar a las autoridades y tomar las medidas antes citadas para las personas y medio ambiente. No actuar sin la protección adecuada. |

## 7 MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

| | |
|---|---|
| *MANIPULACION*<br>*Recomendaciones:* | El equipo de protección personal debera prevenir cualquier posibilidad de contacto de la piel u ojos con el producto. Pantalla facial, gafas, guantes y botas de goma y trajes tipo antiácidos o impermeables. |
| *Medidas de Prevención:* | Duchas lavaojos de seguridad. Instruir al personal de los riesgos del producto. |
| *ALMACENAMIENTO*<br>*Tipos de tanques o almacenes:* | De acero al carbono, de acero inoxidable. |
| *Materiales recomendados:* | Acero al carbono, inoxidable, niquel. |
| *Materiales incompatibles:* | Aluminio, estaño, zinc y aleaciones, cromo y plomo. |
| *Condiciones de almacenanmiento:* | Prever la posibilidad de congelación a temperaturas inferiores a 15ºC con calentadores o calorifugado. |
| *Material de embalaje/transporte:* | Acero inoxidable. |

## 8 CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

| | |
|---|---|
| *Valores límites de Exposición:* | TLV-C: 2 mg/m³ |
| *Medidas de protección:* | a) Ojos: Gafas o pantalla facial.<br>b) Manos: Guantes de goma o PVC.<br>c) Piel: Traje tipo antiácido o impermeable.<br>d) Especiales: Duchas de seguridad y lavaojos. |

ELNOSA ELECTROQUIMICA DEL NOROESTE S.A.

*Dirección:*
*Marisma de Lourizán, s/n*
*Apdo. 265 - 36080 PONTEVEDRA*
*(España)*

*TELEFONOS:*
*Dirección Comercial: (986) 85 37 50 / 54 / 58*
*Dirección Industrial: (986) 85 37 20 / 84 13 61*
*Administración: (986) 85 39 09 / 85 36 88*
*Compras: (986) 85 66 70*

*FAX:*
*General: (986) 86 41 32*
*Expediciones: (986) 84 69 72*

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## 9 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

| | |
|---|---|
| *Peso molecular:* | 40,00 |
| *Temperatura de congelación:* | De 1 a 12°C |
| *Temperatura de ebullición:* | 143 °C |
| *Densidad relativa a 20°C:* | 1'5 |
| *Solubilidad en agua:* | Miscible en todas las proporciones |
| *Apariencia y color:* | Liquido viscoso, incoloro |
| *Olor:* | Inodoro |
| *pH:* | >13 |

## 10 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

| | |
|---|---|
| *Estabilidad:* | Estable. Se carbonata en contacto con el aire. |
| *Incompatibilidades:* | Reacciona con aluminio, estaño, zinc y sus aleaciones. Reacciona muy exotérmicamente con ácidos fuertes. |

## 11 INFORMACION TOXICOLOGICA

| | |
|---|---|
| *Tipo de tóxico:* | No tóxico. (Conejo $LC_2$500mg/kg) |
| *Peligros por contacto con:* | a) Los ojos: Conjuntivitis, quemaduras en la córnea.<br>b) La piel: Profundas quemaduras. |
| *Ingestión:* | Quemaduras en boca, esófago, perforación gastrointestinal. No presenta peligro de producir efectos carcinogénicos, teratogénicos ,mutagénicos; sensibilizaciones,... |
| *Síntomas de la intoxicación:* | Náuseas, vómitos. Quemaduras. |
| *Peligros para la salud:* | Quemaduras profundas en la piel. |
| *Inhalación:* | Irritación de vías respiratorias. |

## 12 INFORMACIONES ECOLOGICAS

| | |
|---|---|
| *Efectos:* | Alcalinización del terreno y efluentes. |
| *Evitar:* | Su entrada en alcantarillas o que llegue a cauces de agua. |
| *Toxicidad acuática:* | Peligroso para flora y fauna en altas concentraciones. Corrosivo y alcalino. |

## 13 CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION

| | |
|---|---|
| *Tratamiento del producto:* | Neutralizar con ácido clorhídrico muy diluido y evacuar el efluente con abundante agua bajo control del pH. Atención al calor y proyecciones producidas por reacción con agua (calor de disolución). |
| *Tratamiento de los embalajes:* | Lavar con abundante agua. Los envases vacíos y limpios pueden ser reutilizados, reciclados o eliminados conforme con las reglamentaciones locales. |

## 14 INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

| | |
|---|---|
| *Número ONU* | 1824 |
| *Clase IATA* | 8 |
| *Grupo de embalaje:* | II |
| *Etiqueta:* | CORROSIVE |
| *Clase IMDG:* | 8 |
| *Grupo de embalaje:* | II |
| *Etiqueta:* | CORROSIVO |
| *Número paneles cisternas:* | 1824 |
| *Clase ADR:* | 8, 42• b |
| *Grupo de embalaje:* | II |
| *Etiqueta:* | 8 |
| *Número paneles cisternas:* | 80/1824 |
| *Clase RID:* | 8, 42• b |
| *Grupo de embalaje:* | II |
| | 8 |
| | 80/1824 |

## 15 INFORMACION REGLAMENTARIA

| | |
|---|---|
| *Frases de riesgo y seguridad:* | - R-35: Provoca quemaduras graves.<br>- S-2: Manténgase fuera del alcance de los niños.<br>- S-26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.<br>- S-27: Quítense inmediatamente la ropa manchada o salpicada.<br>- S-37/39: Usen guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.<br>- S-45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta). |
| *Etiquetas de uso:* | Corrosivo (C) |

## 16 OTRAS INFORMACIONES

Cualquier producto químico puede ser manejado en condiciones seguras si se conocen sus propiedades físicas y químicas y se usan las medidas y prendas de seguridad adecuadas.

Los datos contenidos en esta ficha son una guía para el usuario y están basados en informaciones bibliográficas y experiencias propias, intentando reflejar el estado actual de la técnica pero que, de ningún modo, pueden comprometer nuestra reponsabilidad.

Recomendamos a nuestros clientes que realicen las correspondientes pruebas antes del uso del producto en nuevos campos no suficientemente experimentados.

Esta información no exime en ningún caso al utilizador del producto del obligado cumplimiento del conjunto de los textos legislativos, reglamentarios y administrativos, referente al producto, a la seguridad, a la higiene y a la protección de la salud humana y del medio ambiente.

ELNOSA ELECTROQUÍMICA DEL NOROESTE, S.A.

*Dirección:*
*Marisma de Lourizán, s/n*
*Aptdo. 265 - 36080 PONTEVEDRA*
*(España)*

*TELEFONOS:*
*Dirección Comercial: (986) 85 37 50 / 54 / 58*
*Dirección Industrial: (986) 85 37 20 / 84 13 81*
*Administración: (986) 85 39 09 / 85 38 98*
*Compras: (986) 85 66 73*

*FAX:*
*General: (986) 86 41 32*
*Expediciones: (986) 84 88 32*

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# P3-ULTRASIL 75

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ÁCIDO CLORHÍDRICO 33% Síntesis

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

ELNOSA
ELECTROQUÍMICA DEL NOROESTE, S.A.

# Ficha de datos de seguridad

versión: 1 fecha: **noviembre-96** producto: **ACIDO CLORHIDRICO 33% Síntesis**

## 1 IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA O DEL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

| | |
|---|---|
| *Nombre del producto:* | Acido clorhídrico 33% Síntesis |
| *Nombre químico:* | Acido clorhídrico |
| *Fórmula química:* | HCl |
| *Identificación de la sociedad:* | Ver título y pie de página |
| *Teléfonos de emergencia:* | Ver pie de página |
| *Sinónimos:* | Acido muriático, sulfumán |

## 2 COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

| | |
|---|---|
| *Componentes:* | Cloruro de hidrógeno |
| *Concentración:* | 33 ÷ 34% |
| *Número CAS:* | 7647 - 01 - 0 |
| *Número CEE:* | 017 - 002 - 01 - X |

## 3 IDENTIFICACION DE PELIGROS

| | |
|---|---|
| *Naturaleza del peligro:* | Corrosivo, ácido, que genera humos de cloruro de hidrógeno. (corrosivo). |
| *Peligro más importante para el hombre:* | Quemaduras (producto fuertemente ácido). El cloruro de hidrógeno desprendido irrita las mucosas, pudiendo llegar a la asfixia. Quemaduras graves por ingestión. |
| *Peligros para el medio ambiente:* | Corrosivo. Acidificación de tierras y efluentes acuosos. Peligro para fauna y flora acuática. |
| *Efectos sobre la salud:* | Quemaduras en piel y ojos. Asfixia si se desprende cloruro de hidrógeno. |
| *Síntomas:* | Irritación y quemaduras de los tejidos corporales, sofocamiento, tos. |
| *Usos inadecuados:* | Mezclas con álcalis. En contacto con metales: desprende hidrógeno (gas inflamable entre 4 y 75% en volumen en aire). Mezclas con productos oxidantes (desprende cloro gas). Evitar mezclas con clorito sódico (formación de dióxido de cloro-gas tóxico e inflamable), hipoclorito sódico (formación de cloro, gas tóxico), cloratos, cianuros, etc. |

## 4 PRIMEROS AUXILIOS

| | |
|---|---|
| *Naturaleza del peligro:* | Acción corrosiva sobre piel y ojos. Fuertemente ácido. |
| *Información Básica de Primeros Auxilios:* | Lavar con abundante agua. Colocar al afectado al aire libre. Alejarlo de la zona contaminada. Mantenerlo inmovil y abrigado. Acudir urgente a los servicios médicos. Dar a beber el agua que desee. |
| *Efectos de la Exposición:* | Quemaduras. Irritación de mucosas. |
| *Forma de actuar para:* | |
| *-Ojos:* | Lavar con abundante agua, durante 15 minutos como mínimo. Acudir siempre al oftalmólogo. |
| *-Ropas:* | Quitarlas inmediatamente bajo la ducha. |
| *-Piel:* | Lavar la zona afectada con abundante agua. Acudir a los servicios médicos para tratar la zona quemada. |
| *-Ingestión:* | Si esta consciente dar a beber el agua que desee y mantener abrigado. Si esta inconsciente o tiene convulsiones, recostarlo y mantenerl en reposo y abrigado. No dar nada de beber, ni comer. Acudir urgentemente a los servicios médicos. |
| *-Inhalación:* | Retirar al afectado de la zona contaminada, al aire libre, abrigado, tendido y en reposo. Si fuese necesario, hacer respiración artificial o administrar oxígeno a baja presión por servicios médicos. En casos leves, administrar jarabe de codeina. |
| *Necesidad de asistencia médica:* | Siempre urgentemente. |
| *Medidas especiales en el lugar de trabajo:* | Duchas y lavaojos de seguridad. Mascarilla de protección respiratoria y protección ocular. Guantes de goma o PVC. Traje tipo antiácido para operaciones con riesgo de derrames y salpicaduras. |

## 5 MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

| | |
|---|---|
| *Medios de extinción apropiados:* | En caso de incendio en el vecindario, todos lo medios de extinción están permitidos (Bajo reserva de la sección indicada a continuación). |
| *Medios de extinción inapropiados:* | Ninguna reserva. |
| *Riesgos particulares:* | Incombustible. Formación de gases inflamables al contacto con ciertos metales (ver sección 10). Formación de gases/vapores peligrosos en caso de descomposición (ver sección 10). |
| *Medidas de protección en caso de intervención:* | Evacuar toda persona no indispensable. No dejar intervenir más que a personas aptas y entrenadas, que estén informadas sobre los peligros de los productos. Llevar mono anti-ácido en intervención cercana. Llevar un aparato respiratorio autónomo durante intervenciones cercanas o en lugares confinados. |
| *Otras precauciones:* | Si es posible, evacuar los recipientes expuestos al fuego. |

## 6 MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

| | |
|---|---|
| *Para las personas:* | Mantener al personal no protegido en dirección contraria al viento. Evitar el contacto con producto derramado. No actuar sin prendas de protección. |
| *Para el medio abiente:* | Utilizar cortinas de agua para absorber los gases y humos. Evitar que el producto derramado entre en alcantarillas o lugares cerrados. Absorber el darrame con arena o tierra. En caso de neutralización final con álcalis muy diluidos (piedra caliza, etc.). Bajo control. |
| *Métodos de Actuación:* | Señalizar la zona. Avisar a las autoridades y tomar las medidas anteriormente citadas para las personas y medio ambiente. No actuar sin la protección adecuada. |

## 7 MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

| | |
|---|---|
| *Manipulación:* | Efectuar toda operación en recipiente cerrado. Manipular lejos de substancias reactivas (ver sección 10). Trasvasar preferentemente por bomba o por gravedad. Utilizar equipos de materiales compatibles con el producto. |

ELNOSA ELECTROQUÍMICA DEL NOROESTE, S.A.
*Dirección:* Marisma de Lourizán, s/n Apdo. 265 - 36080 PONTEVEDRA (España)
*TELEFONOS:* Dirección Comercial: (986) 85 37 50 / 54 / 58 Dirección Industrial: (986) 85 37 20 / 84 13 81 Administración: (986) 85 39 09 / 85 35 58 Compras: (986) 85 [illegible]
*FAX:* General: (986) 86 41 32 Expediciones: (986) 84 69 32

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

*Almacenamiento:* En un local ventilado, fresco. Conservar en recipientes de origen, cerrados. Lejos de sustancias reactivas (ver sección 10). Lejos de fuentes de calor. Cubeto de retención bajo los recipientes e instalaciones de transporte.

*Otras precauciones:* Advertir al personal de los peligros del producto. Prever instalaciones eléctricas estancas y anti-corrosivas.

*Materiales de embalaje/transporte:* Poliesteres estratificados. Acero revestido (incluido esmaltado). PVC. PE. Vidrio

## 8 CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

*Valores límites de Exposición (cloruro de hidrógeno):* TLV-C: 5 ppm (ACGIH-95/96)
*Efectos de exposición:* Irritación de piel y ojos.
*Medidas de protección:*
a) Ojos: Gafas, pantalla facial.
b) Manos: Guantes de goma o PVC.
c) Respiratorias: Máscara respiratoria.
d) Piel: Traje tipo antiácido.
e) Otros: Calzado de plástico o goma.
f) Especiales: Duchas de seguridad y lavaojos.

## 9 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

*Aspecto:* Líquido humeante en el aire.
*Color:* Incoloro a amarillo.
*Olor:* Picante.
*Presión de vapor:* 30 mbar a 20° C
*Densidad (H2O=1):* 1'16 ( a 20 ° C)
*Densidad de vapor (aire=1):* 1'27
*Solubilidad:* Miscible en todas las proporciones en agua.
*pH:* < 1
*Peligro de explosión:* No explosivo.
*Propiedades comburentes:* No comburente.

## 10 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

*Estabilidad:* Estable bajo ciertas condiciones (ver a continuación). Formación de gases peligrosos en caso de descomposición.

*Condiciones a evitar:* Calor. Fuentes de calor. (cuando se calienta se descompone emitiendo gases tóxicos de cloruro de hidrógeno). La luz solar directa.

*Materias a evitar:* Los metales. Los agentes oxidantes. El flúor. Las bases fuertes. Los carburos. Los sulfuros. El acetato de vinilo. El aldehido fórmico.

*Productos de descomposición peligrosos:* Cloro. Hidrógeno.

*Otras informaciones:* Acción corrosiva sobre muchos metales. El contacto con los metales provoca una liberación de hidrógeno. El contacto con bases fuertes o materiales alcalinos puede provocar reacciones violentas o explosiones.

## 11 INFORMACION TOXICOLOGICA

*Tipo de tóxico:* Corrosivo. Inhalación rata $LC_{50}$ 3124 PPM(1H) SAX

*Peligros por contacto con:*
a) Ojos: conjuntivitis, quemaduras de córnea.
b) Piel: quemaduras. Irritación de piel.

*Inhalación:* Irritación de vías respiratorias.
*Ingestión:* Irritación de garganta y boca, perforación intestinal, nefritis.
*Síntomas de la intoxicación:* Irritación piel y ojos, tos, fiebre.
*Peligros para la salud:* Si no se trata adecuadamente ataca piel y mucosas. Asfixia por inhalación de cloruro de hidrógeno.

## 12 INFORMACIONES ECOLOGICAS

*Efectos sobre el Medio Ambiente:* Acidificación de tierras y efluyentes. Los vapores generados son muy ácidos y corrosivos, más pesados que el aire y se extienden a lo largo del suelo. Evitar que entre en alcantarillados, conductos cerrados o llegue a cauces de agua.

*Toxicidad acuática:* Peligro para fauna y flora acuática en altas concentraciones.

*Puntos a destacar:* Líquido corrosivo cuyos gases desprendibles son más pesados que el aire (excepto en caso de desprendimiento de hidrógeno por ataque a metales).

## 13 CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION

*Tratamiento de los residuos:* Someterse a las reglamentaciones locales y nacionales. Consultar las bolsas de residuos o los centros de recogida para un reciclaje. Diluir abundantemente con agua. Neutralizar el producto con una base (carbonato de sosa, cal, ...). Tras este tratamiento, el producto puede verterse al desagüe.

*Tratamiento de los embalajes:* Enjuagar con agua abundante el envase y tratar el efluente igual que los residuos. Los envases vacíos y limpios pueden ser reutilizados, reciclados o eliminados conforme con las reglamentaciones locales.

## 14 INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

*Número ONU:* 1789

*Clase IATA:* 8
*Grupo de embalaje:* II
*Etiqueta:* CORROSIVE

*Clase IMDG:* 8
*Grupo de embalaje:* II
*Etiqueta:* CORROSIVO
*Número paneles cisternas:* 1789

*Clase ADR:* 8, 5- b
*Grupo de embalaje:* II
*Etiqueta:* 8
*Número paneles cisternas:* 80/1789

*Clase RID:* 8, 5- b
*Grupo de embalaje:* II
*Etiqueta:* 8
*Número paneles cisternas:* 80/1789

## 15 INFORMACION REGLAMENTARIA

*Etiquetaje CEE:* Nombre del producto peligroso (a figurar sobre etiqueta): Acido clorhídrico.

*Frases de riesgo y seguridad:*
R 34 - Provoca quemaduras.
R 37 - Irritante para las vías respiratorias.
S (1/2) - Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
S 26 - En caso de contacto con los ojos, lávese inmediata y abundantemente con agua y consultar inmediatamente con un especialista.
S 45 - En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

*Etiquetas de uso:* Corrosivo-(C).

## 16 OTRAS INFORMACIONES

Cualquier producto químico puede ser manejado en condiciones seguras si se conocen sus propiedades físicas y químicas y se usan las medidas y prendas de seguridad adecuadas.
Los datos contenidos en esta ficha son una guía para el usuario y están basados en informaciones bibliográficas y experiencias propias, intentando reflejar el estado actual de la técnica pero que, de ningún modo pueden comprometer nuestra responsabilidad.
Recomendamos a nuestros clientes que realicen las correspondientes pruebas antes del uso del producto en nuevos campos no suficientemente experimentados.
Esta información no exime en ningún caso al utilizador del producto del obligado cumplimiento del conjunto de los textos legislativos, reglamentarios y administrativos, referente al producto, a la seguridad, a la higiene y a la protección de la salud humana y del medio ambiente.

ELNOSA ELECTROQUÍMICA DEL NOROESTE, S.A.
Dirección:
Marisma de Lourizán, s/n
Apdo. 265 - 36080 PONTEVEDRA
(España)
TELEFONOS:
Dirección Comercial: (986) 85 37 50 / 54 / 58
Dirección Industrial: (936) 95 37 20 / 84 13 51
Administración: (986) 85 39 09 / 85 36 98
Compras: (986) 85 66 73
FAX:
General: (986) 86 41 32
Expediciones: (986) 84 59 32

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexo nº3. Hojas de Datos

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ANEXO Nº 3: HOJAS DE DATOS

## INTRODUCCIÓN

En este anexo se aporta las hojas de datos con los resultados obtenidos en cada una de las soluciones de limpieza ensayadas, ordenadas de acuerdo con la ejecución realizada.

## INDICE

**Solución A número 1 al 0.5 %** ..... 2
**Solución B número 4 al 0.5 %** ..... 3
**Solución C número 7 al 0.5 %** ..... 4
**Solución D número 10 al 0.5 %** ..... 5
**Solución E número 13 al 0.5 %** ..... 6
**Solución F número 16 al 0.5 %.** ..... 7
**Solución A número 2 al 0.8 %** ..... 8
**Solución B número 5 al 0.8 %** ..... 9
**Solución C número 8 al 0.8 %** ..... 10
**Solución D número 11 al 0.8 %** ..... 11
**Solución E número 14 al 0.8 %** ..... 12
**Solución F número 17 al 0.8 %.** ..... 13
**Solución A número 3 al 1.0 %** ..... 14
**Solución B número 6 al 1.0 %** ..... 15
**Solución C número 9 al 1.0 %** ..... 16
**Solución D número 12 al 1.0 %** ..... 17
**Solución E número 15 al 1.0 %** ..... 18
**Solución F número 18 al 1.0 %.** ..... 19

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución A número 1 al 0.5 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 14/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.12 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 972 | 59000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.2 | 24.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.65 | 5.1 |
| pH | 5.46 a 24.60ºC | 6.82 a 24.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.23 |
| CLORUROS (ppm) | 267 | 25695 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.32 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.
- Temperatura máxima = 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 14/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.12 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1182 | 58400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.2 | 24.2 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.66 | 5.1 |
| pH | 5.5 a 24.40ºC | 6.84 a 25.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.26 |
| CLORUROS (ppm) | 327 | 25361 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.46 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.05 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 573 | 58400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 24.7 | 24.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.617 | 5.1 |
| pH | 5.24 a 26.00ºC | 6.95 a 25.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.23 |
| CLORUROS (ppm) | 160.17 | 25027.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.79 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza
- Faltando 15 minutos para finalizar la limpieza se le añade 150 litros de agua para refrigerar, ya que la temperatura alcanzó los 32 ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.05 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 576 | 58400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 24.4 | 24.7 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.619 | 5.1 |
| pH | 5.29 a 25.50ºC | 6.97 a 25.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 160.17 | 25027.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.82 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.7 |
| pH | 7.12 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.19 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1127 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 24.6 | 24.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.483 | 5.1 |
| pH | 5.46 a 23.50ºC | 6.87 a 24.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.2 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 300.33 | 24026.40 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.65 |

**NOTAS :**

- Temperatura máxima de 32 ºC al finalizar el lavado.
- Caracterización previa a la limpieza

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.7 |
| pH | 7.12 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.19 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1069 | 57600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.4 | 24.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.515 | 5.1 |
| pH | 5.45 a 24.70ºC | 6.8 a 25.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 286.98 | 24360.70 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.17 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.6 |
| pH | 7.14 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 636 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.9 | 24.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.477 | 5.1 |
| pH | 5.52 a 22.80ºC | 6.8 a 24.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 173.52 | 24026.40 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.55 |

**NOTAS :**

- Temperatura máxima de 32 ºC al finalizar el lavado.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.6 |
| pH | 7.14 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 696 | 57500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.3 | 24.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.535 | 5.1 |
| pH | 5.46 a 25.10ºC | 6.88 a 26.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 180.2 | 24693.80 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.49 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.7 |
| pH | 7.09 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 636 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 24.2 | 24.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.463 | 5.1 |
| pH | 5.33 a 22.80ºC | 6.91 a 23.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 173.52 | 24026.40 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.32 |

**NOTAS :**

- **Faltando 15 minutos para finalizar el lavado, se le añadió 200 litros de agua para bajar la temperatura. ( T= 32ºC ).**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(°C) | 23.7 |
| pH | 7.09 a °C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 718 | 57400 |
| TEMPERATURA (°C) | 23 | 24.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.495 | 5.1 |
| pH | 5.8 a 24.10°C | 6.87 a 25.00°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 186.87 | 24360 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.85 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución B número 4 al 0.5 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 24.4 |
| pH | 7.13 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 571 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 24.9 | 24.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.55 | 5.1 |
| pH | 5.56 a 25.10ºC | 7.09 a ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.23 |
| CLORUROS (ppm) | 166.85 | 24360.10 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

**NOTAS :**

- Temperatura máxima de 32 ºC al finalizar el lavado.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 24.4 |
| pH | 7.13 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 566 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.9 | 24.7 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.548 | 5.1 |
| pH | 5.46 a 23.90ºC | 7.08 a 24.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 166.85 | 24360.10 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429810 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.08 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1060 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.9 | 24.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.461 | 5.1 |
| pH | 5.71 a 24.10ºC | 6.98 a 24.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 286.98 | 22691.60 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.29 |

**NOTAS :**

- Temperatura máxima al finalizar el lavado de 32 ºC.
- Se le añade 200 litros de agua para refrigerar la muestra a 32 ºC a falta de 20 minutos para terminar el lavado.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429810 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 23.8 |
| pH | 7.08 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 999 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.8 | 24 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.435 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 23.80ºC | 6.95 a 24.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 266.96 | 22357.90 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.86 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.8 |
| pH | 7.09 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1546 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.6 | 23.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.456 | 5.1 |
| pH | 5.78 a 23.90ºC | 6.99 a 23.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 413.79 | 21690.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.21 |

**NOTAS :**

- Cuando faltaban 20 minutos para finalizar el lavado se tuvo que añadir 300 litros de agua para refrigerar la mezcla. ( T=32ºC )
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.8 |
| pH | 7.09 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1523 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.4 | 24.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.495 | 5.1 |
| pH | 5.82 a 23.80ºC | 6.98 a 24.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 413.79 | 22024.20 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.88 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 24.9 |
| pH | 7.11 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1043 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.4 | 24.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.539 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 23.70ºC | 6.98 a 24.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 280.31 | 22357.90 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.56 |

**NOTAS :**

- **Se le añadió 200 litros de agua para refrigerar la mezcla a falta de 20 minutos para terminar el lavado. ( T=33ºC )**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 24.9 |
| pH | 7.11 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21690.50 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 917 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.1 | 24.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.573 | 5.1 |
| pH | 5.76 a 23.50ºC | 7.01 a 24.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 246.94 | 22024.20 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.1 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.05 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51.9 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1190 | 58200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.7 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.689 | 5.1 |
| pH | 5.67 a 23.00ºC | 7.01 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 333.7 | 22357.90 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.9 |

NOTAS :

- A falta de 15 minutos para terminar el lavado se agregaron 200 litros de agua para refrigerar la muestra. ( T=32ºC )
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.05 a ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51.9 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1180 | 58900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.8 | 23.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.719 | 5.1 |
| pH | 5.64 a 23.20ºC | 6.99 a 24.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 333.7 | 22691.60 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.35 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

Solución C número 7 al 0.5 %

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.05 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 a 25.00 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1244 | 59500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.877 | 5.1 |
| pH | 5.77 a 22.30ºC | 7.02 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.22 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 351.85 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 14.67 |

NOTAS :

- A falta de 25 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32ºC), y posteriormente a falta de 5 minutos se le agrega otros 100 litros más pues la temperatura volvió a alcanzar los 32ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.05 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1295 | 59900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 23.3 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.862 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 22.60ºC | 7.1 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 14.4 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia.
- En el transcurso de los últimos 40 minutos para finalizar el lavado se le añade 600 litros de agua en varias tomas para refrigerar la mezcla, pues la temperatura se elevaba fácilmente.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.05 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1508 | 60100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.3 | 23.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.94 | 5.1 |
| pH | 5.82 a 22.50ºC | 7.05 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 433.04 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 15.5 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 7/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.7 |
| pH | 7.03 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (S/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1554 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.9 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.447 | 5.1 |
| pH | 5.84 a 22.90ºC | 7.01 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.21 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 433.04 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.06 |

NOTAS :

- Temperatura máxima de 31ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 7/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.7 |
| pH | 7.03 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1289 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.7 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.48 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 22.00ºC | 7.02 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 345.08 | 21690.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

NOTAS :

- A falta de 25 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla, esta operación se vuelve a repetir a falta de 5 minutos para terminar el lavado.
- Caracterización intermedia.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 7/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.7 |
| pH | 7.03 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1401 | 56700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.48 | 5.1 |
| pH | 5.83 a 22.10ºC | 7.02 a 22.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 392.45 | 21990.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| PH | 7.07 a 23.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1120 | 58600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.5 | 23.6 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.699 | 5.1 |
| PH | 5.8 a 23.70ºC | 7.14 a 23.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.05 |

NOTAS :

- A falta de 30 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32ºC).
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.07 a 23.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1993 | 58700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 23 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.721 | 5.1 |
| pH | 5.87 a 22.50ºC | 7.12 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.095 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 622.5 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.9 |

NOTAS :

- A falta de 30 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla, y posteriormente a falta de 10 minutos se le agrega otros 200 litros más. Temperatura máxima al finalizar 31ºC.
- Caracterización intermedia.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| **FECHA :** | **9/12/94** |
| **Nº SERIE MEMBRANA :** | **427584** |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.07 a 23.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1893 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.9 | 23 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.716 | 5.1 |
| pH | 5.97 a 22.40ºC | 7.07 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.095 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 527.77 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.3 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 12/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.03 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1376 | 57000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.6 | 22.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.529 | 5.1 |
| pH | 5.96 a 22.70ºC | 7.08 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- A falta de 17 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32ºC), y posteriormente a falta de 5 minutos se le agrega otros 100 litros más para terminar con una temperatura máxima de 30ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 12/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.03 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1329 | 57800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.631 | 5.1 |
| pH | 5.62 a 21.70ºC | 7.01 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 22667.40 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11 |

NOTAS :

- A falta de 20 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32ºC), y posteriormente a falta de 10 minutos se le agrega otros 150 litros más para terminar con una temperatura máxima de 32ºC.
- Caracterización intermedia.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.4 |
| pH | 7.06 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1304 | 58100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.648 | 5.1 |
| pH | 5.69 a 22.00ºC | 7.01 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 358.61 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.27 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.4 |
| pH | 7.06 a 22.0°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1692 | 58500 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.7 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.665 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 22.00°C | 7.04 a 22.90°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.5 |

**NOTAS :**

- A falta de 15 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32°C).
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(°C) | 22 |
| pH | 7.13 a 22.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1554 | 58400 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.7 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.671 | 5.1 |
| pH | 5.76 a 22.20°C | 7.08 a 22.70°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 433.04 | 22328.80 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.6 |

**NOTAS :**

- **A falta de 30 minutos para terminar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (T=32°C), y posteriormente a falta de 15 minutos se le agrega otros 200 litros más. Ç**
- **Caracterización intermedia.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.13 a 22.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1571 | 58900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22 | 23 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.683 | 5.1 |
| pH | 5.84 a 22.50ºC | 7.02 a 23.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 439.81 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.8 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza..**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución D número 10 al 0.5 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.8 |
| pH | 7.14 a 22.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50900 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2740 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.1 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.586 | 5.1 |
| pH | 6.09 a 22.40ºC | 7.1 a 22.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 767.51 | 22024.20 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.31 |

NOTAS :

- Faltando 10 minutos para finalizar el lavado, la temperatura alcanza 33 ºC, por lo que se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.8 |
| pH | 7.14 a 22.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50900 |
| CLORUROS (ppm) | 20355.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3450 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.633 | 5.1 |
| pH | 6.14 a 22.70ºC | 7.05 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 967.33 | 22357.90 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.04 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.09 a 22.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1415 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.8 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.511 | 5.1 |
| pH | 5.91 a 23.10ºC | 7.114 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 392.45 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.1 |

NOTAS :

- Temperatura máxima al finalizar el lavado de 32ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.09 a 22.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1548 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 23.3 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.62 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 22.80ºC | 7.08 a 23.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 426.28 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.09 a 22.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 451 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.687 | 5.1 |
| pH | 5.87 a 22.80ºC | 7.06 a 23.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 135.33 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.8 |

**NOTAS :**

- **A falta de 15 minutos para finalizar el lavado se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla ya que la temperatura marcaba 32ºC.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/11/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.09 a 22.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 621 | 58800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.7 | 23.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.713 | 5.1 |
| pH | 5.94 a 22.80ºC | 7.11 a 23.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.095 | 0.22 |
| CLORUROS (ppm) | 182.69 | 23628.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.3 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.04 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 642 | 58400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.9 | 23.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.625 | 5.1 |
| pH | 5.57 a 23.30ºC | 7.06 a 23.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 175.92 | 23343.73 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.9 |

**NOTAS :**

- **A falta de 15 minutos de finalizar el lavado, se le añade 200 litros de agua para refrigerar la mezcla, pues la temperatura alcanzaba 32ºC.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.04 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 702 | 58600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.2 | 23.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.691 | 5.1 |
| pH | 5.73 a 25.50ºC | 7.13 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 196.22 | 23343.73 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.9 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 532215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.04 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1375 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.55 | 5.1 |
| pH | 5.66 a 22.10ºC | 7.03 a 21.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 378.91 | 22667.10 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

**NOTAS :**

- **Se le añade 200 litros de agua para refrigerar la muestra, a falta de 20 minutos para finalizar el lavado, pues la temperatura alcanzaba 32ºC.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 532215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.04 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1714 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.1 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.531 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 22.30ºC | 7.02 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 480.41 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución E número 13 al 0.5 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(°C) | 22 |
| pH | 7.13 a 22.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.20 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 4420 | 57200 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.9 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.497 | 5.1 |
| pH | 6.06 a 22.30°C | 7.09 a 23.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.20 |
| CLORUROS (ppm) | 1272.10 | 21682.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22 |
| pH | 7.13 a 22.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.20 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 4570 | 57000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.52 | 5.1 |
| pH | 6.1 a 22.10ºC | 7.07 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 1312.66 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.24 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1638 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 21 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.544 | 5.1 |
| pH | 5.63 a 22.10ºC | 7.02 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 446.57 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.6 |

**NOTAS :**

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se agregan 150 litros más.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1665 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.7 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.568 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 22.30ºC | 7.02 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 453.34 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.50°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1305 | 57400 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.8 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.523 | 5.1 |
| pH | 5.63 a 22.40°C | 7.01 a 23.40°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 358.61 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

NOTAS :

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (32°C), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1258 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.7 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.531 | 5.1 |
| pH | 5.65 a 22.20ºC | 7.01 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.13 |
| CLORUROS (ppm) | 351.84 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1889 | 55900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.402 | 5.1 |
| pH | 5.8 a 21.90ºC | 7.01 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 521.01 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.3 |

NOTAS :

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).
- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1878 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.411 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 22.10ºC | 7.02 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 521.01 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.5 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.06 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1894 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.2 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.534 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 21.80ºC | 7.02 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 515.03 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.5 |

**NOTAS :**

- **A falta de 250 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.**
- **Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.06 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1866 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.515 | 5.1 |
| pH | 5.78 a 22.20ºC | 7.01 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 521.01 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.17 |

BIBLIOTECA GENERAL UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F número 16 al 0.5 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477823 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.05 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51500 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1128 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.599 | 5.1 |
| pH | 5.75 a 22.20ºC | 7.04 a 22.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 311.25 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.5 |

**NOTAS :**

- **A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477823 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.05 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51500 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1178 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.608 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 22.00ºC | 7.1 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 331.55 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.65 |

**NOTAS :**

- **A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.**
- **Caracterización intermedia.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477823 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 6.999 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51500 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1239 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.615 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 21.90ºC | 7.001 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 345.08 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.8 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.1 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51400 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.58 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1736 | 55525 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21 | 22 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.451 | 5.1 |
| pH | 5.8 a 21.70ºC | 7.04 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.12 |

**NOTAS :**

- **A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más.**
- **Temperatura máxima al finalizar 31ºC.**
- **Caracterización previa a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.1 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51400 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.58 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1914 | 55900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.457 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 22.10ºC | 7.08 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 534.54 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.2 |

**NOTAS :**

- **A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más.**
- **Caracterización intermedia.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.09 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51300 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1484 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.482 | 5.1 |
| pH | 5.77 a 21.70ºC | 7.05 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 412.74 | 21313.84 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.08 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51700 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 702 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.413 | 5.1 |
| pH | 5.66 a 22.00ºC | 7.03 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 196.22 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.5 |

NOTAS :

- A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la mezcla (32ºC), posteriormente a falta de 6 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.
- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.08 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51700 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 795 | 55600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.426 | 5.1 |
| pH | 5.55 a 21.70ºC | 7.07 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.7 |

NOTAS :

- A falta de 17 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 5 minutos se agregan 50 litros más de agua.
- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.
- Caracterización intermedia.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.08 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51700 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 827 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.441 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 21.70ºC | 7.07 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 230.05 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.04 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51400 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1938 | 56200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.515 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 21.60ºC | 7.03 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 541.3 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.2 |

**NOTAS :**

- A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se agregan 100 litros más.
- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.ç
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/12/94 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.04 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51400 |
| CLORUROS (ppm) | 19960.59 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1800 | 56200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.517 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 21.70ºC | 7.03 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 527.77 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.2 |

NOTAS :

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra.
- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.
- Caracterización intermedia.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| PH | 7.05 a 22.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1596 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.475 | 5.1 |
| PH | 5.89 a 22.00ºC | 7.02 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 4/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.8 |
| pH | 7.06 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1690 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.489 | 5.1 |
| pH | 5.86 a 21.50ºC | 7.02 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 21990.50 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

NOTAS :

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).
- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.
- Caracterización previa a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 4/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.8 |
| pH | 7.06 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1738 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.491 | 5.1 |
| pH | 5.81 a 21.40ºC | 7.04 a 22.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 480.41 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

**NOTAS :**

- **A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 100 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).**
- **Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.**
- **Caracterización intermedia a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 4/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.8 |
| pH | 7.06 a 21.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1874 | 57300 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.1 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.496 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 21.70°C | 7.03 a 22.60°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.20 |
| CLORUROS (ppm) | 534.54 | 22328.80 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución A número 2 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20 |
| pH | 7.08 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1733 | 58000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.61 | 5.1 |
| pH | 5.83 a 20.80ºC | 7.06 a 21.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 493.94 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.09 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2220 | 58300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.652 | 5.1 |
| pH | 6.21 a 20.80ºC | 7.05 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 629.26 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.3 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 10/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.08 a 21.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 527 | 57800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.563 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 21.00ºC | 7.04 a 21.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 155.62 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 10/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.4 |
| pH | 7.08 a 21.60°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 527 | 57000 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.5 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.588 | 5.1 |
| pH | 5.47 a 21.50°C | 7.05 a 22.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 155.62 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.3 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 11/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.19 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1046 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.1 | 20.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.477 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 20.70ºC | 7.09 a 21.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 290.98 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 11/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.19 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1070 | 56200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.9 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.492 | 5.1 |
| pH | 6.2 a 20.90ºC | 7.04 a 21.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 297.72 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 11/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.19 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 692 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.4 | 21.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.502 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 21.00ºC | 7.04 a 21.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 196.22 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 11/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.03 a 20.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 795 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 21.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.506 | 5.1 |
| pH | 5.82 a 20.80ºC | 7.02 a 21.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 230.05 | 22328.79 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.03 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 13/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.04 a 20.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 722 | 56700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.1 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.76 a 20.70ºC | 7.04 a 21.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 202.98 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 13/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.04 a 20.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 775 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.1 | 21.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.485 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 20.90ºC | 7.01 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 21990.48 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución B número 5 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.6 |
| pH | 7.04 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 999 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20 | 20.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.451 | 5.1 |
| pH | 5.68 a 20.50ºC | 7.05 a 21.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 290.95 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.1 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(°C) | 19.6 |
| pH | 7.04 a 20.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 19622.27 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 846 | 57000 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.1 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.533 | 5.1 |
| pH | 5.5 a 20.70°C | 7.02 a 21.50°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 243.59 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.5 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429818 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.7 |
| pH | 7.01 a 20.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1626 | 56000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.5 | 20.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.449 | 5.1 |
| pH | 5.75 a 20.00ºC | 7.02 a 20.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 453.34 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429818 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.7 |
| pH | 7.01 a 20.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1401 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 21 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.467 | 5.1 |
| pH | 5.63 a 20.70ºC | 7.01 a 21.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.13 |
| CLORUROS (ppm) | 385.68 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.05 a 20.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1782 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.464 | 5.1 |
| pH | 5.73 a 21.00ºC | 7.03 a 21.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.13 |
| CLORUROS (ppm) | 480.41 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.05 a 20.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1807 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.5 | 21.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.486 | 5.1 |
| pH | 5.65 a 20.90ºC | 7.01 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 500.71 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.09 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1068 | 57000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.7 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.499 | 5.1 |
| pH | 5.73 a 21.20ºC | 7.07 a 25.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 297.72 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.09 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1071 | 57500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.54 a 20.80ºC | 7.03 a 21.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 297.72 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.05 a 20.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1512 | 58800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 21.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.56 | 5.1 |
| pH | 5.72 a 20.70ºC | 7.02 a 21.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 419.51 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 5 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 28ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.05 a 20.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1585 | 58800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.5 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.688 | 5.1 |
| pH | 5.67 a 20.90ºC | 7.04 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.1 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 453.34 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución C número 8 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.1 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3400 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.4 | 21.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.6 | 5.1 |
| pH | 6.05 a 20.90ºC | 7.05 a 21.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 954.05 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.5 |




**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.1 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3700 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.593 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 21.30ºC | 7.1 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 1042.01 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.4 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.8 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.47 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3730 | 57700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.611 | 5.1 |
| pH | 6.07 a 20.70ºC | 7.01 a 21.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 1048.78 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.8 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1491 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21.5 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.89 a 21.30ºC | 7.06 a 22.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.13 |
| CLORUROS (ppm) | 412.74 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.8 |
| pH | 7.05 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1606 | 57200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.68 a 21.20ºC | 7.03 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 433.04 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.



© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.9 |
| pH | 7.05 a 20.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1815 | 57200 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.3 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.546 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 21.50°C | 7.06 a 22.30°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.095 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 500.71 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.05 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1809 | 58700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.667 | 5.1 |
| pH | 5.98 a 21.50ºC | 7.04 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 500.71 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.6 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.



© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 7.09 a 22.20°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22691.60 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1660 | 58700 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.6 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.719 | 5.1 |
| pH | 5.86 a 22.20°C | 7.07 a 23.00°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 453.34 | 26388.57 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.4 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más.

- Temperatura máxima al finalizar de 31°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.5 |
| pH | 7.09 a 22.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22691.60 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1776 | 59000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.1 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.737 | 5.1 |
| pH | 6.27 a 21.90ºC | 7.03 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 487.17 | 26388.57 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.3 |
| pH | 7.1 a 21.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 607 | 58200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.4 | 21.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.62 | 5.1 |
| pH | 5.72 a 21.20ºC | 7.14 a 21.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 162.39 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.3 |
| pH | 7.1 a 21.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 601 | 58200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.8 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.642 | 5.1 |
| pH | 5.63 a 21.40ºC | 7.11 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 169.16 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.2 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32º), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.18 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51300 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 704 | 58000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.1 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.638 | 5.1 |
| pH | 5.93 a 21.80ºC | 7.17 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 189.46 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.1 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.11 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1637 | 57500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.503 | 5.1 |
| pH | 5.77 a 21.70ºC | 7.1 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 453.34 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.11 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1748 | 57600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.52 | 5.1 |
| pH | 5.51 a 21.70ºC | 7.06 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.20 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.15 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1695 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.7 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.532 | 5.1 |
| pH | 5.86 a 21.40ºC | 7.14 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 473.64 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución D número 11 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.6 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.06 a 22.1ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2530 | 57700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.2 | 22.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.699 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 22.70ºC | 7.03 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 723.99 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.6 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.2 |
| pH | 7.06 a 22.1°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2310 | 58700 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.9 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.725 | 5.1 |
| pH | 5.95 a 22.70°C | 7.08 a 22.60°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 663.09 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.4 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.08 a 22ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3890 | 58300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.527 | 5.1 |
| pH | 6.06 a 22.20ºC | 7.1 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 1109.67 | 25711.90 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.08 a 22ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 4270 | 58300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.1 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.648 | 5.1 |
| pH | 6.1 a 21.90ºC | 7.01 a 22.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.17 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 1204.40 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.3 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.9 |
| pH | 7.15 a 22.3°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1336 | 59900 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.7 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.699 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 21.30°C | 7.16 a 21.00°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 378.91 | 26726.89 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.05 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 31°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 30/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.9 |
| pH | 7.15 a 22.3°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1538 | 60000 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.7 | 22 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.833 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 21.50°C | 7.2 a 22.60°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 439.81 | 27065.20 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 14 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 31/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.9 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.1 |
| pH | 7.15 a 22.2°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1369 | 57400 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.3 | 22 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.492 | 5.1 |
| pH | 5.89 a 21.90°C | 7.13 a 22.90°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 31/01/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.15 a 22.2ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52700 |
| CLORUROS (ppm) | 23343.70 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2070 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.5 | 23.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.497 | 5.1 |
| pH | 6.03 a 23.80ºC | 7.11 a 24.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 568.37 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.7 |
| pH | 7.09 a 21.5ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51700 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1507 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.659 | 5.1 |
| pH | 5.95 a 21.60ºC | 7.14 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 412.74 | 26388.57 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.4 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.08 a 22.1ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1610 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.641 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 22.50ºC | 7.16 a 23.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.21 |
| CLORUROS (ppm) | 460.11 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.2 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución E número 14 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.2 |
| pH | 7.16 a 22.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 821 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.4 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.482 | 5.1 |
| pH | 5.91 a 22.80ºC | 7.22 a 23.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 223.29 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.2 |
| pH | 7.16 a 22.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 793 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.2 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.486 | 5.1 |
| pH | 5.72 a 21.90ºC | 7.09 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.6 |
| pH | 7.12 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1131 | 57000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.551 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 22.60ºC | 7.26 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 311.25 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.6 |
| pH | 7.12 a 22.40°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1359 | 56900 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.6 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.542 | 5.1 |
| pH | 5.76 a 21.60°C | 7.13 a 22.60°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 378.91 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.29 a 22.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1197 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.2 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.509 | 5.1 |
| pH | 5.84 a 21.90ºC | 7.22 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 331.55 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.1 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.9 |
| pH | 7.29 a 22.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1275 | 56400 |
| TEMPERATURA (°C) | 20 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.515 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 20.80°C | 7.16 a 21.90°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 358.61 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.2 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | Parada |
| TEMPERATURA(°C) | 20.3 |
| pH | 7.07 a 21.50°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1675 | 55700 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.6 | 21.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.413 | 5.1 |
| pH | 5.89 a 21.40°C | 7.15 a 22.20°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 460.11 | 21652.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.5 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.



© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/02/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | Parada |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.34 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2550 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.437 | 5.1 |
| pH | 5.75 a 21.90ºC | 7.11 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 710.46 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 1/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.1 |
| pH | 7.1 a 20.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1443 | 56900 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.3 | 20.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.489 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 21.10°C | 7.2 a 21.30°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 339.21 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 1/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.1 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1935 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.7 | 20.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.489 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 20.30ºC | 7.19 a 21.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 541.3 | 26388.57 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F número 17 al 0.8 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.4 |
| TEMPERATURA(°C) | 20 |
| pH | 7.07 a 20.60°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 22836.44 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1286 | 57700 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.2 | 20.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.581 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 20.90°C | 7.16 a 21.40°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 355.98 | 28545.55 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.2 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 3.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20 |
| pH | 7.07 a 20.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 22836.44 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1453 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.9 | 20.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.83 a 20.50ºC | 7.14 a 21.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 402.99 | 25858.91 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 2/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 19.5 |
| pH | 7.13 a 20.50°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1477 | 57200 |
| TEMPERATURA (°C) | 19.9 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.56 | 5.1 |
| pH | 5.84 a 20.50°C | 7.14 a 21.40°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 419.51 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.04 a 20.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1859 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.4 | 20.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.493 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 20.10ºC | 7.13 a 20.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.22 | 0.36 |
| CLORUROS (ppm) | 514.24 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.9 |
| pH | 7.04 a 20.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51800 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2140 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20 | 20.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.45 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 20.60ºC | 7.09 a 21.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 595.43 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.2 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(°C) | 19.9 |
| pH | 7.09 a 20.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2120 | 56900 |
| TEMPERATURA (°C) | 20 | 21 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.469 | 5.1 |
| pH | 6.37 a 20.70°C | 7.17 a 21.70°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 595.43 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 6/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.12 a 21.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2150 | 55900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.395 | 5.1 |
| pH | 6.08 a 21.30ºC | 7.19 a 21.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 602.2 | 25016.25 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.1 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 6/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.12 a 21.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2420 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 21.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.401 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 21.00ºC | 7.21 a 21.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 683.39 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.3 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 100 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 6/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.2 |
| pH | 7.05 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2530 | 54500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.463 | 5.1 |
| pH | 6.11 a 22.50ºC | 7.2 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 710.46 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.3 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.1 |
| TEMPERATURA(°C) | 19.4 |
| pH | 7.05 a 20.60°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1502 | 57500 |
| TEMPERATURA (°C) | 19.4 | 20.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.507 | 5.1 |
| pH | 5.93 a 20.40°C | 7.13 a 21.30°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 419.51 | 24967.65 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 5 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.1 |
| TEMPERATURA(°C) | 19.4 |
| pH | 7.05 a 20.60°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1834 | 57100 |
| TEMPERATURA (°C) | 19.7 | 20.8 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.52 | 5.1 |
| pH | 5.63 a 20.50°C | 7.14 a 21.40°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 514.24 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 29°C.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 9/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.5 |
| pH | 7.08 a 20.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1938 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20 | 20.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.52 | 5.1 |
| pH | 6.09 a 20.70ºC | 7.08 a 21.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 548.07 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 10/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(°C) | 20 |
| pH | 7.08 a 20.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1815 | 56900 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.1 | 20.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.463 | 5.1 |
| pH | 6.12 a 20.60°C | 7.16 a 21.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 500.71 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.3 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 10/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20 |
| pH | 7.08 a 20.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1889 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.5 | 20.5 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.485 | 5.1 |
| pH | 5.54 a 20.10ºC | 7.06 a 21.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 527.77 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 150 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 29ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 10/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 19.3 |
| pH | 7.08 a 20.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1998 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.3 | 20.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.476 | 5.1 |
| pH | 6.02 a 20.00ºC | 7.13 a 20.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 561.6 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución A número 3 al 1.0 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20 |
| pH | 7.06 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1698 | 58500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 20.7 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.628 | 5.1 |
| pH | 5.95 a 20.90ºC | 7.14 a 21.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 480.41 | 25373.62 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429421 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(°C) | 20 |
| pH | 7.06 a 21.00°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1637 | 57400 |
| TEMPERATURA (°C) | 19.9 | 21 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.642 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 21.20°C | 7.05 a 21.80°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.21 |
| CLORUROS (ppm) | 466.87 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.2 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.95 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.08 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 530 | 57700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 21 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.54 | 5.1 |
| pH | 5.53 a 21.00ºC | 7.17 a 21.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 155.62 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.6 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428499 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.95 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.08 a 21.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 524 | 56800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 19.7 | 20.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.554 | 5.1 |
| pH | 5.6 a 20.10ºC | 7.21 a 21.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 155.62 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.8 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.05 a 21.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1061 | 57200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.7 | 21.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.477 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 21.00ºC | 7.29 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 290.95 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476223 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.1 |
| pH | 7.05 a 21.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1165 | 56200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.2 | 21.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.472 | 5.1 |
| pH | 6.18 a 20.90ºC | 7.13 a 21.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 327.95 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.9 |
| TEMPERATURA(°C) | 21 |
| pH | 7.05 a 21.60°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 757 | 56800 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.4 | 21.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.565 | 5.1 |
| pH | 5.82 a 21.80°C | 7.17 a 21.80°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.25 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 20/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476357 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.05 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 813 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.3 | 21.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.547 | 5.1 |
| pH | 6.04 a 21.30ºC | 7.15 a 21.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.21 |
| CLORUROS (ppm) | 236.82 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.7 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.05 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 956 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.498 | 5.1 |
| pH | 5.8 a 22.20ºC | 7.17 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 270.65 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 21/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477460 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.05 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52000 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 869 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.1 | 21.5 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.508 | 5.1 |
| pH | 5.87 a 21.40ºC | 7.08 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.22 |
| CLORUROS (ppm) | 250.35 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución B número 6 al 1.0 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.8 |
| pH | 7.07 a 21.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 596 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.501 | 5.1 |
| pH | 5.58 a 22.20ºC | 7.13 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.23 |
| CLORUROS (ppm) | 175.92 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429167 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.8 |
| pH | 7.07 a 21.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 650 | 57500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.53 | 5.1 |
| pH | 5.34 a 22.20ºC | 7.01 a 23.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 189.46 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429810 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.2 |
| pH | 7.03 a 21.20°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1157 | 55900 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.5 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.439 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 22.00°C | 7.04 a 22.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 311.25 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 32°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 27/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429810 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.3 |
| pH | 7.15 a 21.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1332 | 56300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.7 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.458 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 21.40ºC | 7.13 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.2 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.5 |
| pH | 7.1 a 21.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1766 | 56000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.467 | 5.1 |
| pH | 5.98 a 21.90ºC | 7.15 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 487.17 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 28/03/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476933 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.5 |
| pH | 7.1 a 21.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 22667.11 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1852 | 56900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.468 | 5.1 |
| pH | 5.97 a 21.50ºC | 7.22 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 514.24 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.2 |
| pH | 7.05 a 22.40°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 767 | 57200 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.3 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.525 | 5.1 |
| pH | 5.6 a 22.30°C | 7.16 a 22.90°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.23 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 10 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C).

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 3/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429375 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.05 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 758 | 57300 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.8 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.458 | 5.1 |
| pH | 5.52 a 21.50ºC | 7.02 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 209.7 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.2 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 13/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.002 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1019 | 58900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.68 | 5.1 |
| pH | 5.66 a 22.30ºC | 7.06 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.08 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 292.3 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.8 |




NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 15 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 13/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 429418 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.002 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 23005.42 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1069 | 58800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.7 | 21.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.711 | 5.1 |
| pH | 5.53 a 21.30ºC | 7.01 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.07 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 304.48 | 26726.87 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.2 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C número 9 al 1.0 %

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.06 a 20.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3030 | 57500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21 | 21.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.613 | 5.1 |
| pH | 6.05 a 21.10ºC | 7.26 a 21.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 852.55 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.4 |
| pH | 7.06 a 20.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3310 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.6 | 21 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.648 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 21.00ºC | 7.2 a 21.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.07 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 960.81 | 26050.26 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.3 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 300 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC).

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/04/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 531595 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(°C) | 20.3 |
| pH | 7.085 a 21.40°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52200 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 3230 | 58300 |
| TEMPERATURA (°C) | 20.5 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.638 | 5.1 |
| pH | 6.14 a 21.20°C | 7.03 a 22.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 920.22 | 25711.94 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.1 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.06 a 21.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1328 | 58000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21 | 21.7 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.542 | 5.1 |
| pH | 6.1 a 21.40ºC | 7.2 a 22.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.6 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 20 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.6 |
| pH | 7.06 a 21.20ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.18 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1496 | 57100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 20.9 | 21.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.554 | 5.1 |
| pH | 6 a 21.50ºC | 7.14 a 22.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 419.07 | 25347.00 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 35 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 25 minutos se vuelve a agregar 100 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 5/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476551 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.03 a 21.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1616 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.564 | 5.1 |
| pH | 6.25 a 21.80ºC | 7.19 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.08 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 8/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | sin realizar |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.40°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 632 | 59200 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.5 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.718 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 22.20°C | 7.21 a 22.60°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.08 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 182.69 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.3 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 8/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | sin realizar |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 7.03 a 22.40°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52300 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 656 | 58900 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.6 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.664 | 5.1 |
| pH | 5.65 a 22.20°C | 7.134 a 23.00°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.07 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 189.26 | 24333.12 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.5 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 30 minutos se vuelve a agregar 150 litros más y a falta de 15 minutos otros 150 litros.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 8/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428090 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | sin realizar |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.6 |
| pH | 7.03 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51700 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 769 | 59200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.2 | 23 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.741 | 5.1 |
| pH | 6 a 22.60ºC | 7.2 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.07 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 223.29 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.7 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 12/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 710 | 58900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.67 | 5.1 |
| pH | 5.98 a 21.90ºC | 7.14 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.08 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 202.99 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.6 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 12/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.70°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 687 | 58400 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.3 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.674 | 5.1 |
| pH | 5.72 a 21.80°C | 7.15 a 22.50°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.08 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 189.26 | 24671.08 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.7 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 20 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 12/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 1195305 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 20.9 |
| pH | 7.09 a 21.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 727 | 58900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.682 | 5.1 |
| pH | 5.99 a 21.70ºC | 7.12 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.07 | 0.14 |
| CLORUROS (ppm) | 202.99 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.8 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.02 a 23.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1608 | 57600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.523 | 5.1 |
| pH | 6.09 a 22.80ºC | 7.18 a 22.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.3 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.02 a 23.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21652.16 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1623 | 57600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.3 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.514 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 22.80ºC | 7.08 a 23.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 446.57 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.1 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 30 minutos se vuelve a agregar 150 litros más, y a falta de 20m minutos otros 150 litros.

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 15/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 533215 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.04 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52500 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1558 | 57700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.545 | 5.1 |
| pH | 5.96 a 22.30ºC | 7.085 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.24 |
| CLORUROS (ppm) | 433.04 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución D número 12 al 1.0 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital. 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1490 | 60200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.882 | 5.1 |
| pH | 5.73 a 21.90ºC | 7.09 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 412.74 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 14.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra, posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 16/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427191 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.5 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.1 |
| pH | 7.05 a 21.70ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52400 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1574 | 60200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.875 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 22.90ºC | 7.04 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 24696.99 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 14.6 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.2 |
| pH | 7.09 a 22.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1590 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.5 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.491 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 23.00ºC | 7.17 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.21 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 35 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 15 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 150 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 17/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476882 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.2 |
| pH | 7.09 a 22.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.85 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1770 | 57200 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.2 | 23.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.481 | 5.1 |
| pH | 6.18 a 22.70ºC | 7.19 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.09 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 500.71 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.6 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.4 |
| pH | 7.12 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2560 | 58400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.696 | 5.1 |
| pH | 6.19 a 22.00ºC | 7.2 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 723.99 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 35 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427584 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.4 |
| pH | 7.12 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52100 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2600 | 58500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.9 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.714 | 5.1 |
| pH | 6.24 a 22.60ºC | 7.16 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 730.76 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.3 |

**NOTAS :**

**- Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.02 a 22.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 20615.56 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1470 | 58700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.1 | 23.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.671 | 5.1 |
| pH | 6.013 a 23.30ºC | 7.12 a 23.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 405.55 | 23995.16 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.6 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra(32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos y 10 minutos se agregan 150 litros y 150 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 18/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 428522 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.4 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.02 a 22.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 20615.56 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1312 | 57400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.1 | 23 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.667 | 5.1 |
| pH | 6.05 a 22.60ºC | 7.17 a 23.30ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 11.6 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.06 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1557 | 58700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.707 | 5.1 |
| pH | 5.82 a 21.90ºC | 7.16 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 446.57 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.2 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 35 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos y 5 minutos se agregan 150 y 100 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 19/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427869 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.06 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51900 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1611 | 58800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.8 | 22.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.704 | 5.1 |
| pH | 6.03 a 22.30ºC | 7.11 a 23.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 460.11 | 24020.36 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 12.1 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución E número 15 al 1.0 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.4 |
| pH | 7.12 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 766 | 56500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.9 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.506 | 5.1 |
| pH | 5.92 a 22.20ºC | 7.24 a 22.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 209.76 | 466.87 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 25 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 10 minutos se vuelve a agregar 150 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 22/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 478732 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.7 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.4 |
| pH | 7.12 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51600 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 794 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.504 | 5.1 |
| pH | 5.75 a 22.30ºC | 7.08 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 216.52 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 7.08 a 22.00°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51200 |
| CLORUROS (ppm) | 20289.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1486 | 56600 |
| TEMPERATURA (°C) | 21.4 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.594 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 21.90°C | 7.26 a 22.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 412.74 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.4 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 25 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 150 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529636 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.1 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.5 |
| pH | 7.08 a 22.00ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51200 |
| CLORUROS (ppm) | 20289.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1458 | 55800 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.2 | 21.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.578 | 5.1 |
| pH | 5.81 a 21.60ºC | 7.14 a 22.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 405.98 | 23343.74 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.2 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.2 |
| pH | 7.04 a 22.10°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51000 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1215 | 55800 |
| TEMPERATURA (°C) | 22.6 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.559 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 22.70°C | 7.13 a 22.50°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 345.08 | 23343.73 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32°C), posteriormente a falta de 15 minutos y 5 minutos se agregan 200 litros y 150 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30°C.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 23/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477323 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.04 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51000 |
| CLORUROS (ppm) | 20298.90 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1195 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.7 | 22.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.575 | 5.1 |
| pH | 5.7 a 22.20ºC | 7.03 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 338.31 | 23005.42 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.1 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.7 |
| pH | 7.07 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51200 |
| CLORUROS (ppm) | 21291.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2040 | 55100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.1 | 22.3 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.468 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 22.40ºC | 7.06 a 22.50ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 | 0.2 |
| CLORUROS (ppm) | 554.84 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |




NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos y 5 minutos se agregan 200 litros y 150 más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476587 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.7 |
| pH | 7.07 a 22.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51200 |
| CLORUROS (ppm) | 21291.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2140 | 53900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.3 | 22.1 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.449 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 21.70ºC | 7.11 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 602.2 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.03 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51300 |
| CLORUROS (ppm) | 21291.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2130 | 55900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.3 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.564 | 5.1 |
| pH | 5.9 a 22.50ºC | 7.11 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 595.45 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 30 minutos y 15 minutos se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 24/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477139 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21 |
| pH | 7.03 a 21.80ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 51300 |
| CLORUROS (ppm) | 21291.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 2080 | 56100 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.5 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.557 | 5.1 |
| pH | 5.69 a 21.90ºC | 7.05 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.22 |
| CLORUROS (ppm) | 575.14 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.8 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F número 18 al 1.0 %**

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.8 |
| pH | 7.05 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50900 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1288 | 56600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.1 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.623 | 5.1 |
| pH | 5.58 a 22.50ºC | 7.11 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 365.38 | 25035.31 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.9 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.8 |
| pH | 7.05 a 22.50ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50900 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1268 | 55900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.4 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.63 | 5.1 |
| pH | 5.31 a 21.90ºC | 7.09 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.22 |
| CLORUROS (ppm) | 358.61 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.9 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 25/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 427873 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.2 |
| pH | 7.11 a 21.90ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50700 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.21 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1368 | 55700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.7 | 22.7 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.63 | 5.1 |
| pH | 5.71 a 22.20ºC | 7.05 a 23.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 392.44 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.07 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50700 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1740 | 55600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.2 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.515 | 5.1 |
| pH | 5.86 a 22.10ºC | 7.15 a 22.60ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 480.41 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.2 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 45 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32º), posteriormente a falta de 25 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.9 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.3 |
| pH | 7.07 a 22.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50700 |
| CLORUROS (ppm) | 20975.53 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1581 | 55500 |
| TEMPERATURA (ºC) | 21.6 | 22.4 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.53 | 5.1 |
| pH | 5.79 a 22.10ºC | 7.11 a 22.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 460.11 | 23343.73 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9.4 |

NOTAS :

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 15 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 26/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477944 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.6 |
| TEMPERATURA(°C) | 21.5 |
| pH | 6.959 a 22.10°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50400 |
| CLORUROS (ppm) | 20637.22 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1608 | 55500 |
| TEMPERATURA (°C) | 22.1 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.506 | 5.1 |
| pH | 6.07 a 22.40°C | 7.11 a 23.00°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.21 |
| CLORUROS (ppm) | 446.58 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 9 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.13 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50300 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.84 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 825 | 55600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.2 | 22.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.485 | 5.1 |
| pH | 5.85 a 22.60ºC | 7.21 a 22.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.18 |
| CLORUROS (ppm) | 236.82 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.7 |

NOTAS :

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 40 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 2.3 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.13 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50300 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.84 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.16 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 844 | 54900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.3 | 23 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.469 | 5.1 |
| pH | 5.74 a 22.70ºC | 7.17 a 23.20ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 243.59 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.4 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos se vuelve a agregar 200 litros más de agua.

- Temperatura máxima al finalizar de 31ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 29/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 529774 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | 1.8 |
| TEMPERATURA(ºC) | 21.9 |
| pH | 7.13 a 22.40ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50300 |
| CLORUROS (ppm) | 21313.84 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 926 | 55600 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.2 | 24 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.473 | 5.1 |
| pH | 6.154 a 23.40ºC | 7.13 a 23.90ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 257.12 | 24020.37 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.5 |

**NOTAS :**

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 31/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.01 a 23.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50400 |
| CLORUROS (ppm) | 21298.19 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1763 | 54000 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.8 | 22.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.607 | 5.1 |
| pH | 5.81 a 23.10ºC | 7.03 a 23.40ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 500.18 | 22667.11 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.6 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 50 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 35 minutos, 25 minutos y 10 minutos, se agregan 200 litros, 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 31/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.4 |
| pH | 7.01 a 23.10ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50400 |
| CLORUROS (ppm) | 21298.19 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1831 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.9 | 23.5 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.583 | 5.1 |
| pH | 5.38 a 23.30ºC | 7.2 a 23.80ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.15 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 514.24 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10.3 |

**NOTAS :**

- Caracterización intermedia a la limpieza.

- A falta de 35 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 25 minutos y 10 minutos se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 32ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 31/05/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 477476 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.9 |
| pH | 7.09 a 23.30ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 50500 |
| CLORUROS (ppm) | 21298.19 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.13 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1407 | 56400 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.7 | 23.6 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.57 | 5.1 |
| pH | 6.07 a 23.10ºC | 7.23 a 23.70ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 | 0.19 |
| CLORUROS (ppm) | 460.11 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 10 |

**NOTAS :**

- **Caracterización posterior a la limpieza.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 1/06/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.03 a 23.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 53200 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1767 | 57900 |
| TEMPERATURA (ºC) | 22.8 | 23.2 |
| CAUDAL ($m^3$/h) | 0.49 | 5.1 |
| pH | 5.95 a 23.60ºC | 7.23 a 24.00ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.16 |
| CLORUROS (ppm) | 493.94 | 24358.68 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 8.8 |

**NOTAS :**

- Caracterización previa a la limpieza.

- A falta de 45 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 30 minutos, 20 minutos y 5 minutos, se agregan 200 litros, 200 litros y 200 litros más respectivamente.

- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 1/06/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(ºC) | 22.1 |
| pH | 7.03 a 23.60ºC |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 53200 |
| CLORUROS (ppm) | 22328.79 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.14 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1875 | 56700 |
| TEMPERATURA (ºC) | 23.5 | 23.9 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.423 | 5.1 |
| pH | 5.88 a 23.90ºC | 7.25 a 24.10ºC |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.11 | 0.15 |
| CLORUROS (ppm) | 514.24 | 23682.05 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.6 |

**NOTAS :**

**- Caracterización intermedia a la limpieza.**

**- A falta de 30 minutos para acabar el lavado, se agregan 200 litros de agua para refrigerar la muestra (32ºC), posteriormente a falta de 20 minutos y 10 minutos, se agregan 200 litros y 200 litros más respectivamente.**

**- Temperatura máxima al finalizar de 30ºC.**

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

| | |
|---|---|
| FECHA : | 1/06/95 |
| Nº SERIE MEMBRANA : | 476713 |

| AGUA DE MAR (ALIMENTACIÓN) | |
|---|---|
| S D I | retirado |
| TEMPERATURA(°C) | 22.5 |
| pH | 7.05 a 23.30°C |
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 52600 |
| CLORUROS (ppm) | 21990.48 |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.12 |

| | AGUA PRODUCTO | SALMUERA |
|---|---|---|
| CONDUCTIVIDAD (µS/cm) | 1567 | 57800 |
| TEMPERATURA (°C) | 23 | 23.8 |
| CAUDAL ($m^3/h$) | 0.43 | 5.1 |
| pH | 6.14 a 23.50°C | 7.19 a 24.10°C |
| TURBIDEZ (NTU) | 0.10 | 0.17 |
| CLORUROS (ppm) | 439.81 | 25373.63 |

| | |
|---|---|
| P. TRABAJO (bar) | 67 |
| P. DIFERENCIAL (bar) | 0.05 |
| FACTOR DE CONVERSIÓN (%) | 7.8 |

NOTAS :

- Caracterización posterior a la limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexo nº4. Gráficos obtenidos del comportamiento individualizado de cada uno de los parámetros en cada una de las soluciones de limpieza.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ANEXO Nº 4: GRÁFICOS OBTENIDOS DEL COMPORTAMIENTO INDIVIDUALIZADO DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS EN CADA UNA DE LAS SOLUCIONES DE LIMPIEZA.

## INTRODUCCIÓN

En este anexo se adjuntan 36 páginas (2 por cada solución ensayada) con cuatro gráficas cada una.

Se han ordenado con dos criterios: el primero alfabéticamente las soluciones de limpieza y el segundo con números crecientes correlativos.

## INDICE

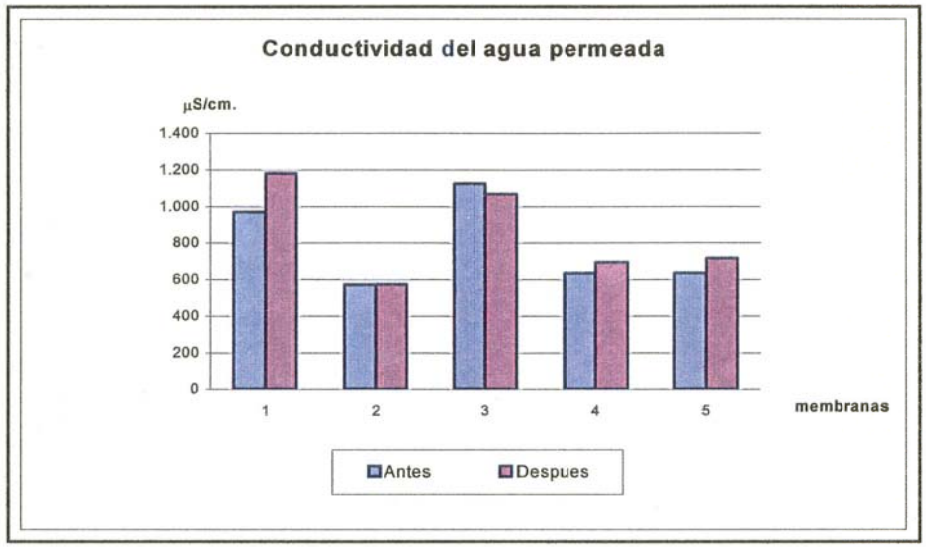
SOLUCIÓN A: Nº1: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.5%.....2
SOLUCIÓN A: Nº2: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.8%.....3
SOLUCIÓN A: Nº3: Limpieza básica con hidróxido sódico al 1.0%.....4
SOLUCIÓN B: Nº4: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.5%.....5
SOLUCIÓN B: Nº5: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.8%.....6
SOLUCIÓN B: Nº6: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 1.0%.....7
SOLUCIÓN C: Nº7: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5%.....8
SOLUCIÓN C: Nº8: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.8%.....9
SOLUCIÓN C: Nº9: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 1.0%.....10
SOLUCIÓN D: Nº10: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%.....11
SOLUCIÓN D: Nº11: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%.....12
SOLUCIÓN D: Nº12: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%.....13
SOLUCIÓN E: Nº13: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.5%.....14
SOLUCIÓN E: Nº14: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.8%.....15
SOLUCIÓN E: Nº15: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 1.0%.....16
SOLUCIÓN F: Nº16: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%.....17
SOLUCIÓN F: Nº17: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%.....18
SOLUCIÓN F: Nº18: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%.....19

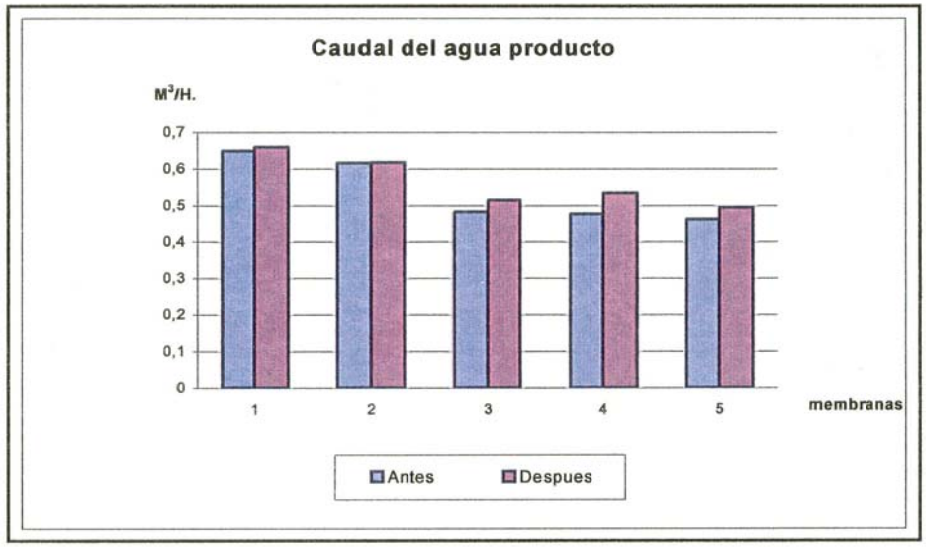
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

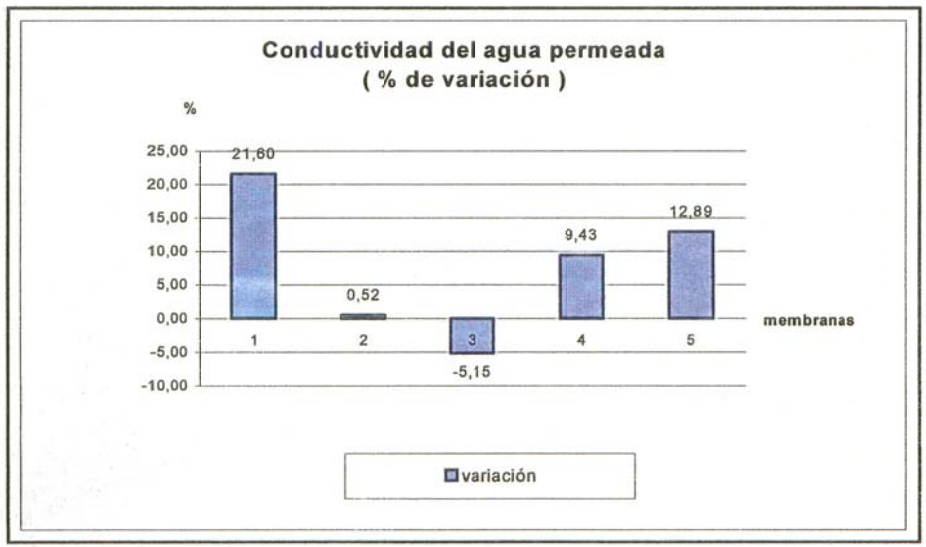
# SOLUCIÓN A: Nº1: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.5%

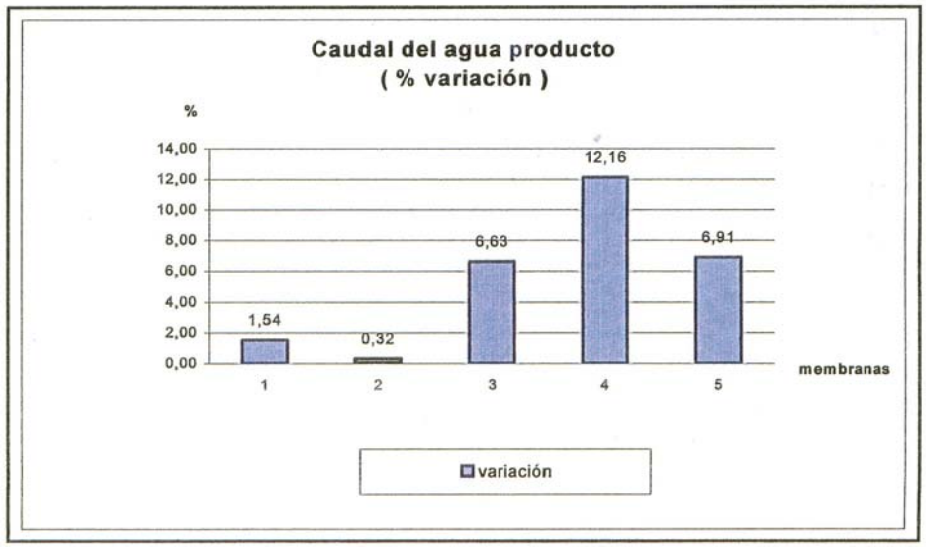
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 1: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.5%



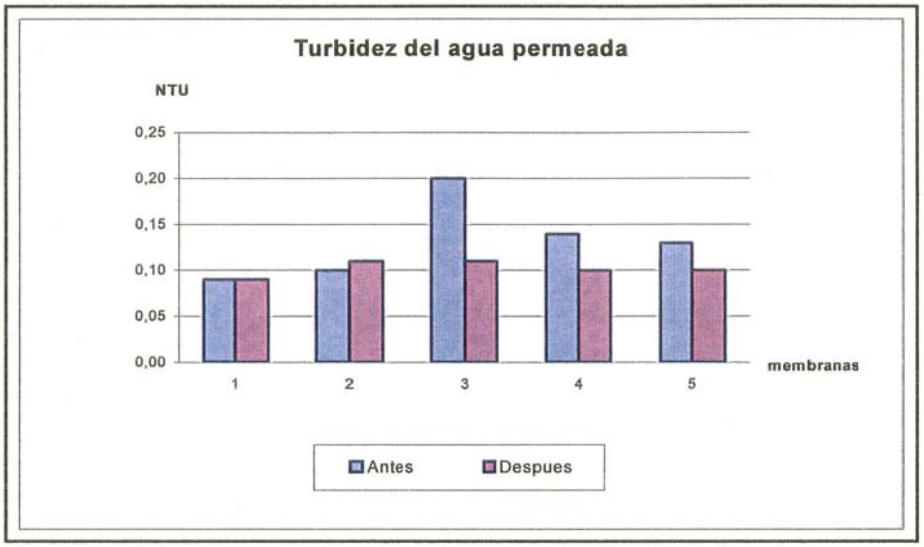



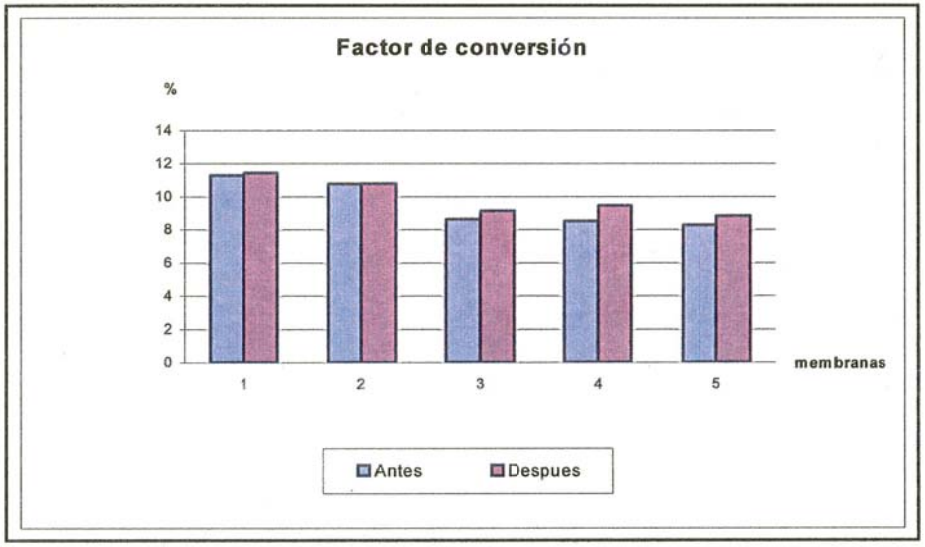



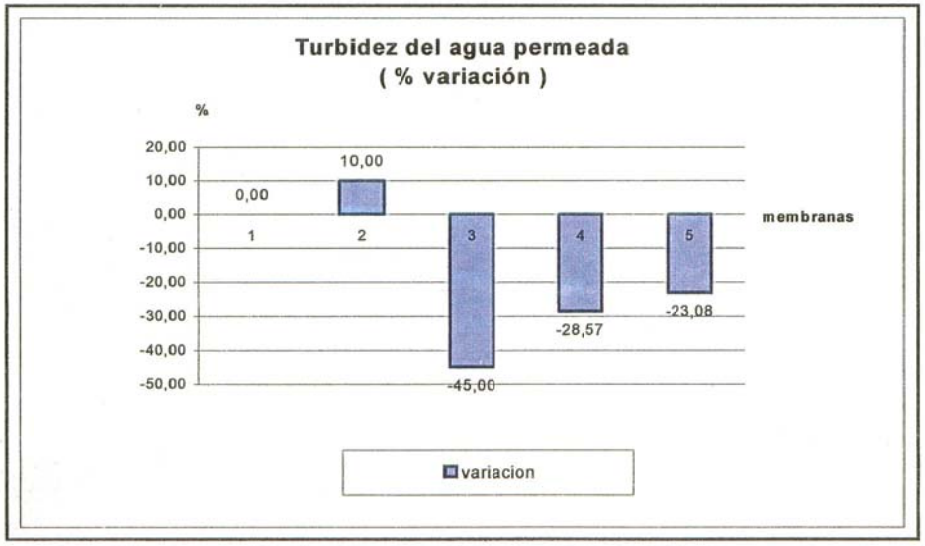



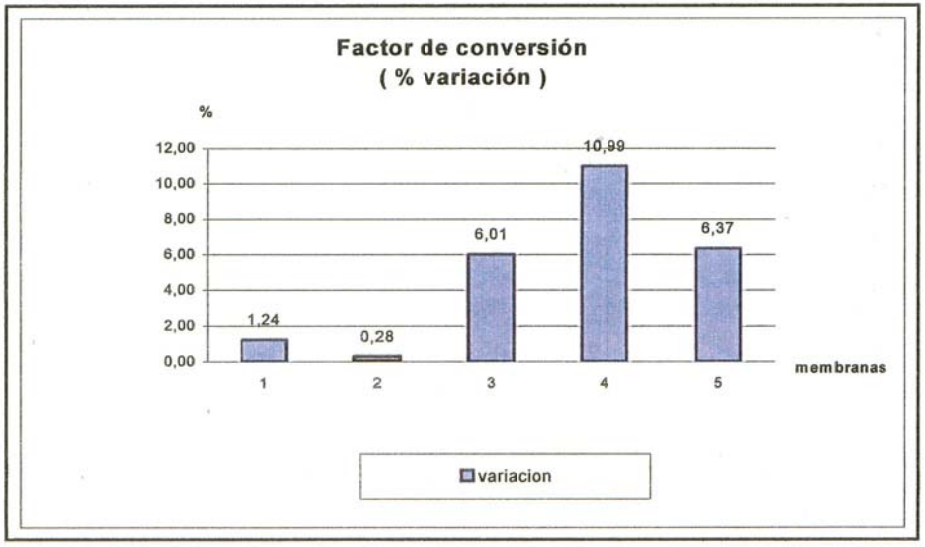

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 1: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.5%



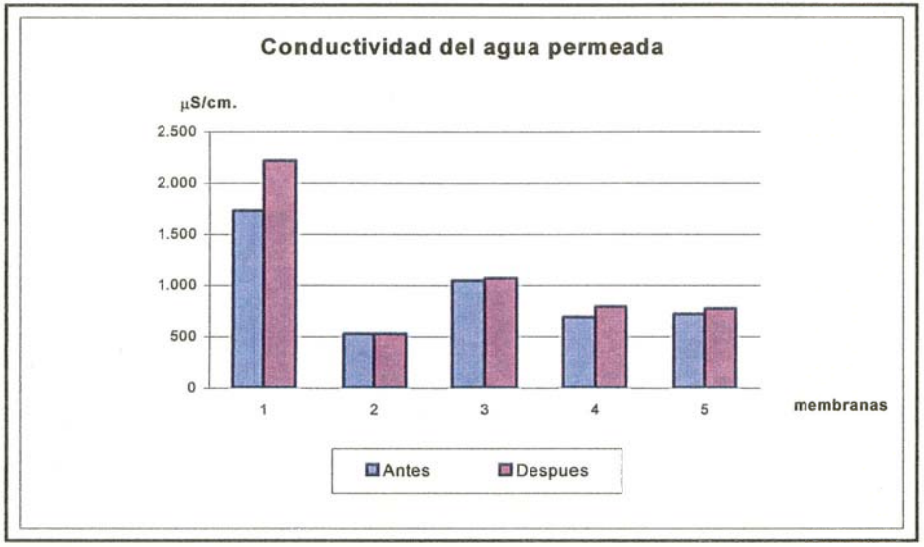



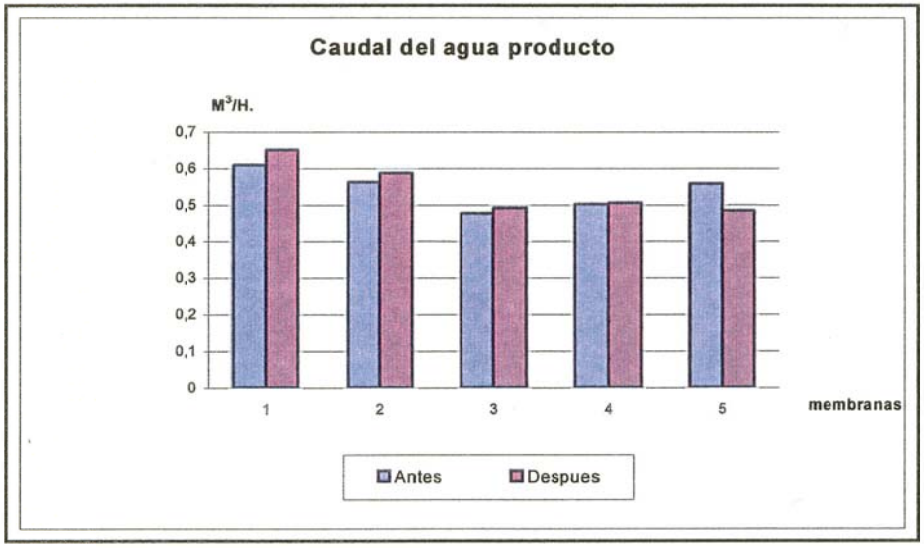

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

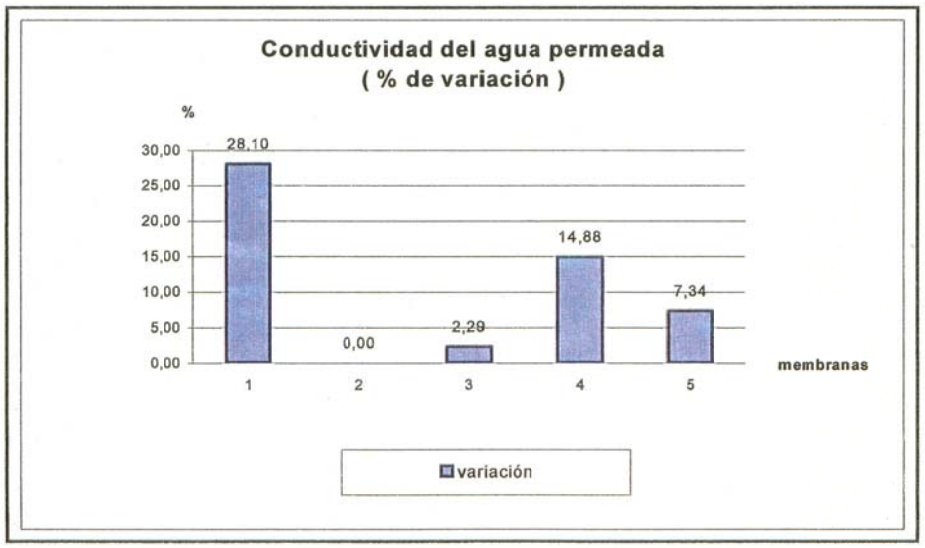
# SOLUCIÓN A: Nº2: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.8%

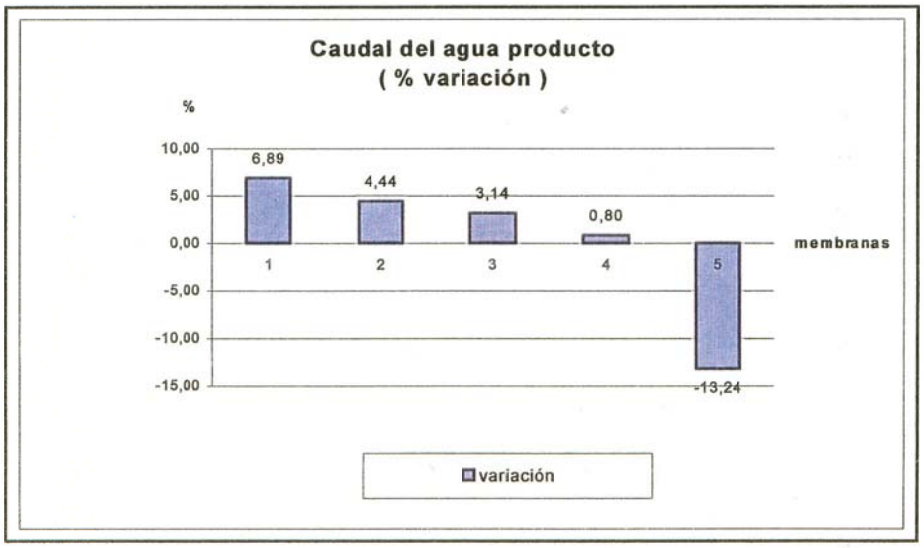
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 2: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.8%



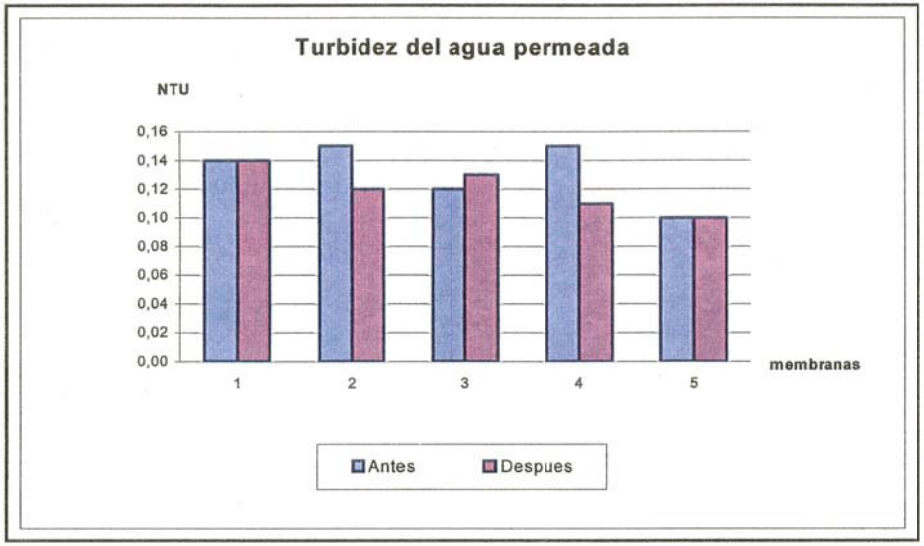



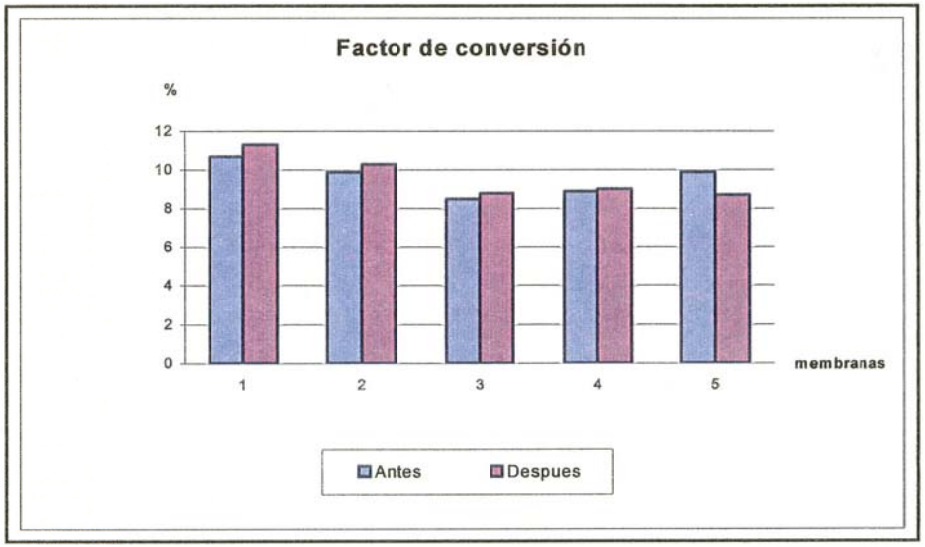



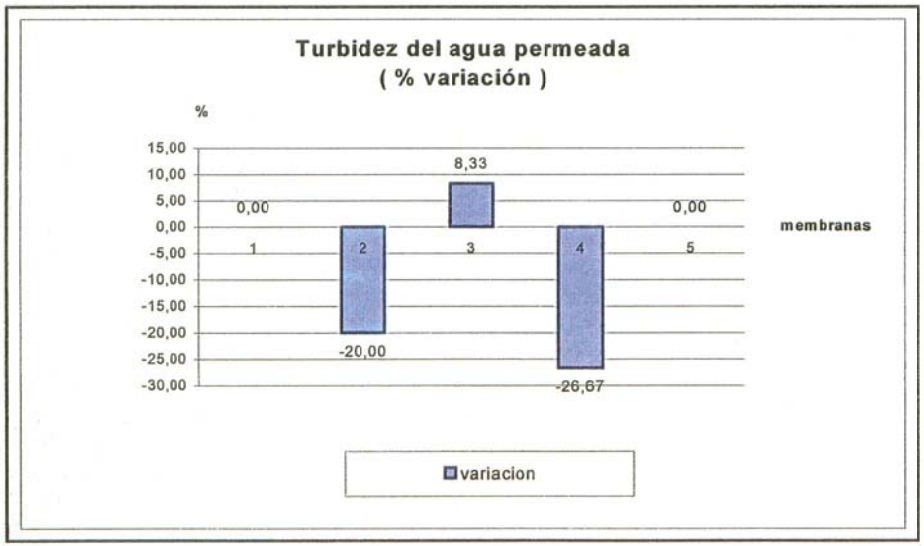



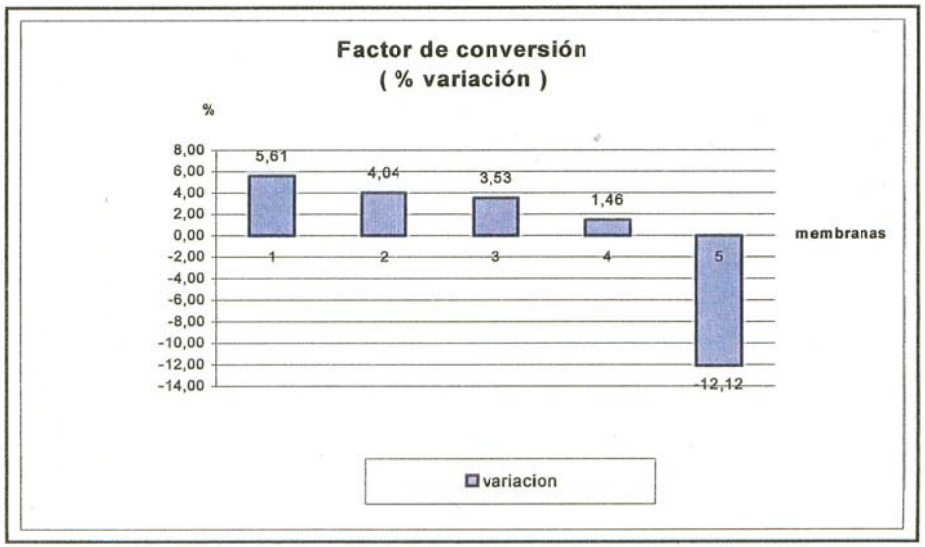

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 2: Limpieza básica con hidróxido sódico al 0.8%



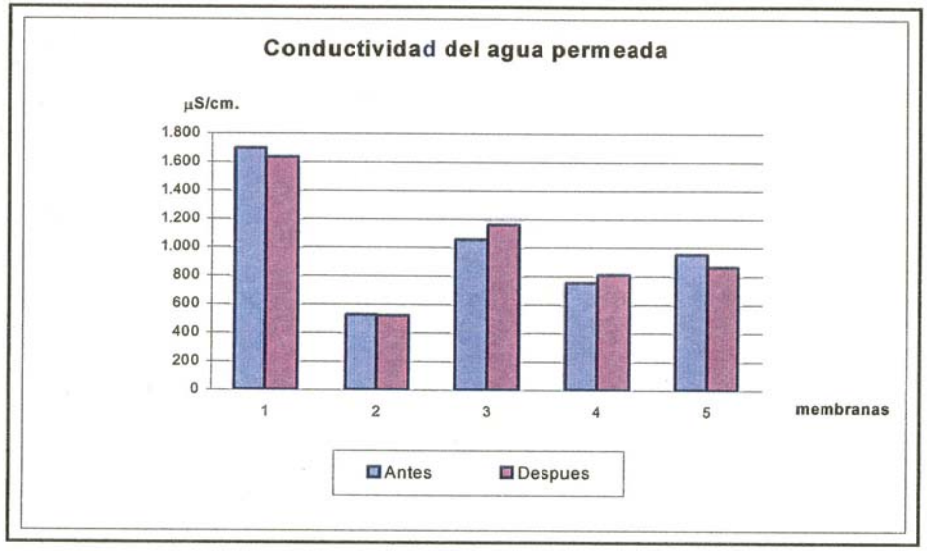



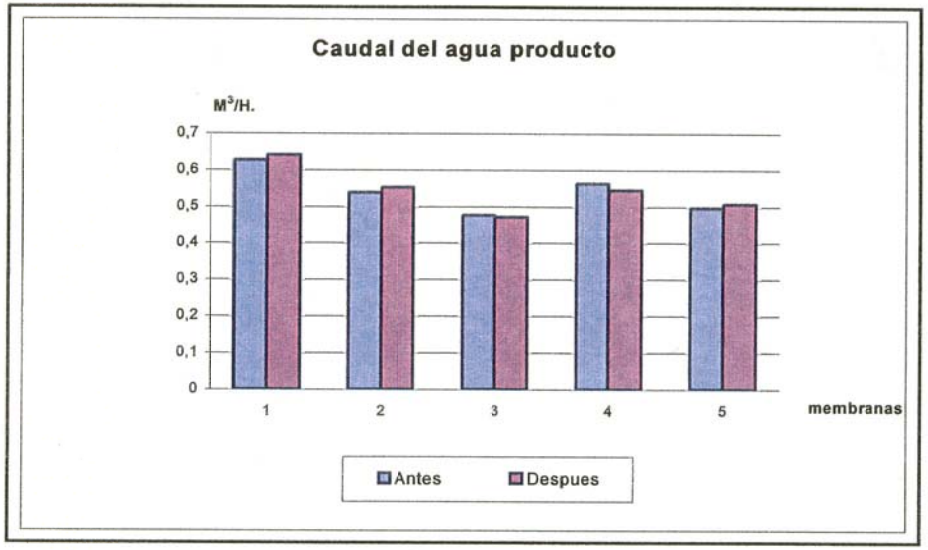

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

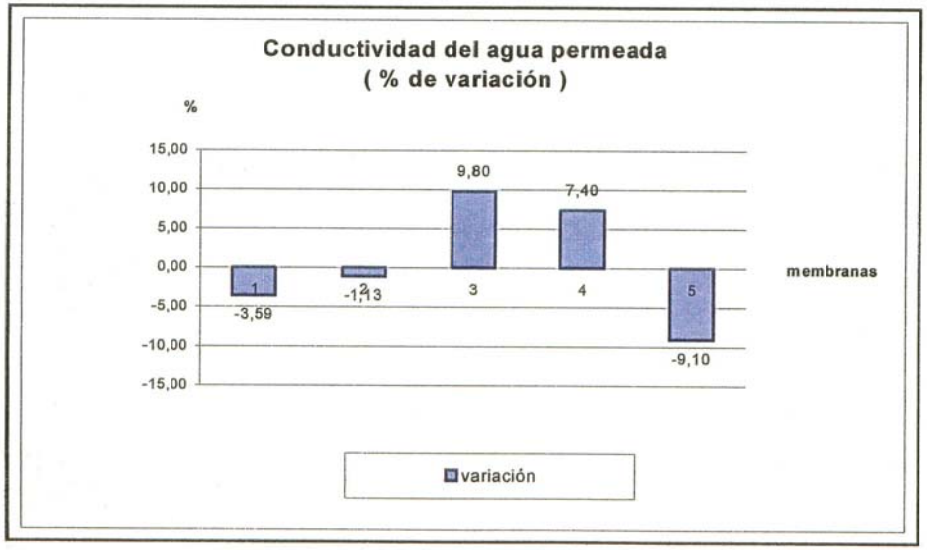
# SOLUCIÓN A: Nº3: Limpieza básica con hidróxido sódico al 1.0%

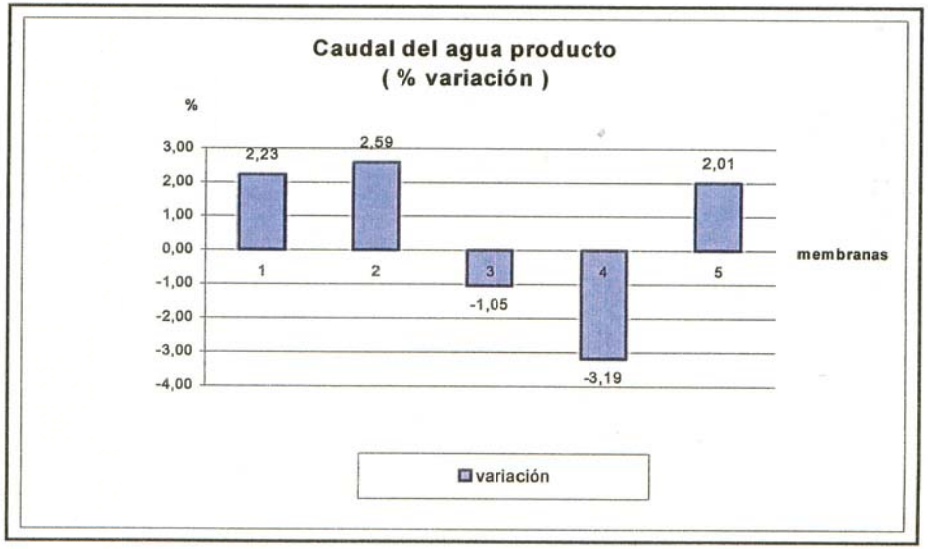
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 3: Limpieza básica con hidróxido sódico al 1%



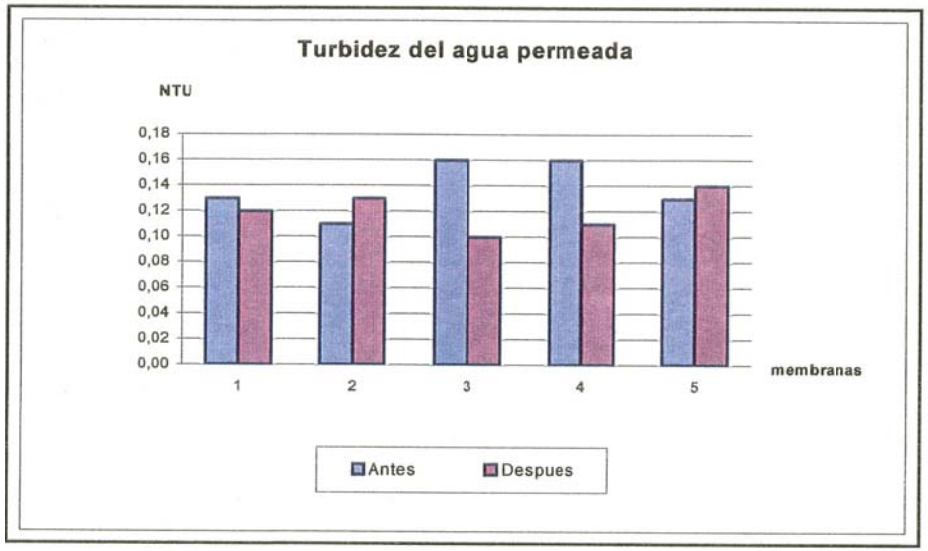



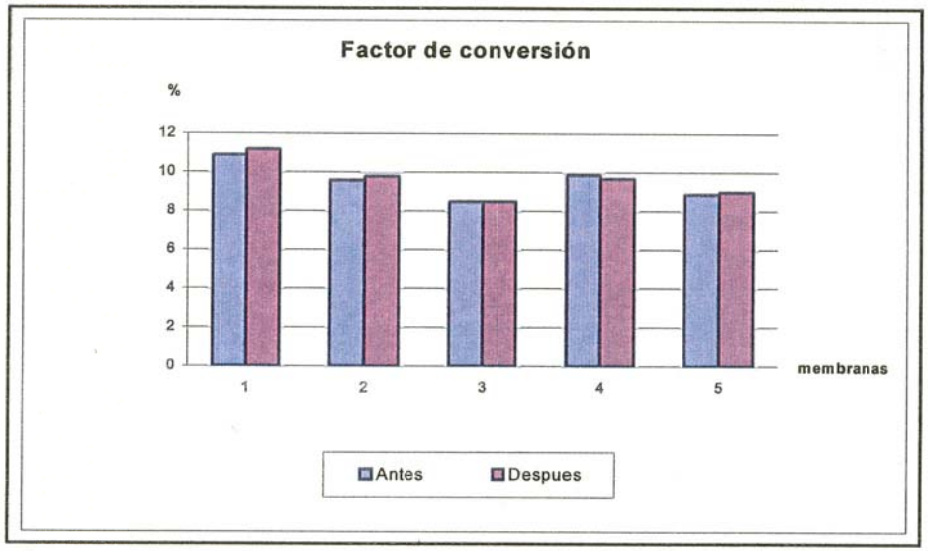



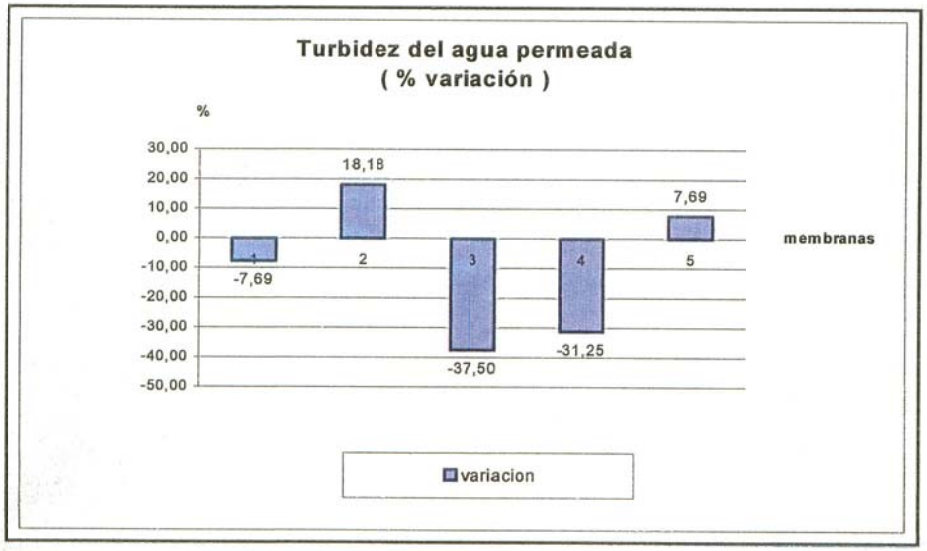



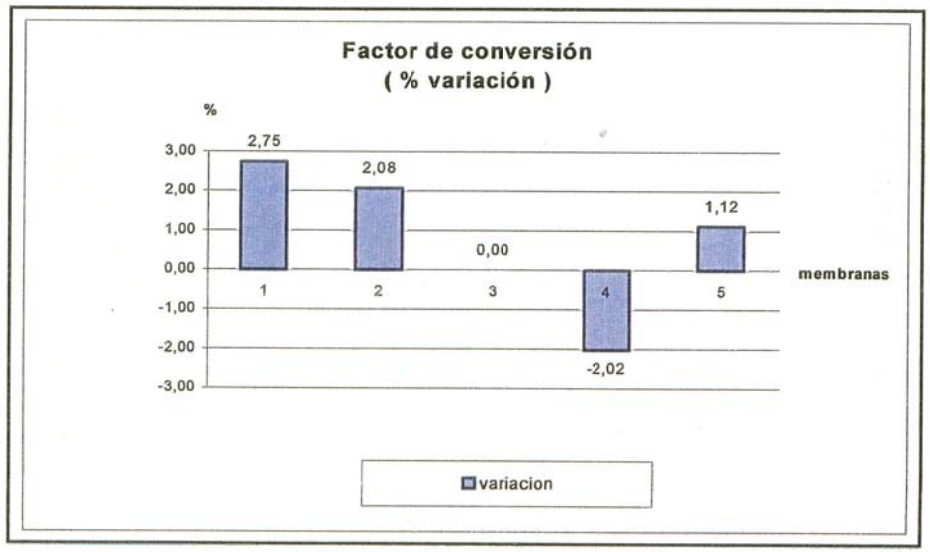

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución A: nº 3: Limpieza básica con hidróxido sódico al 1%



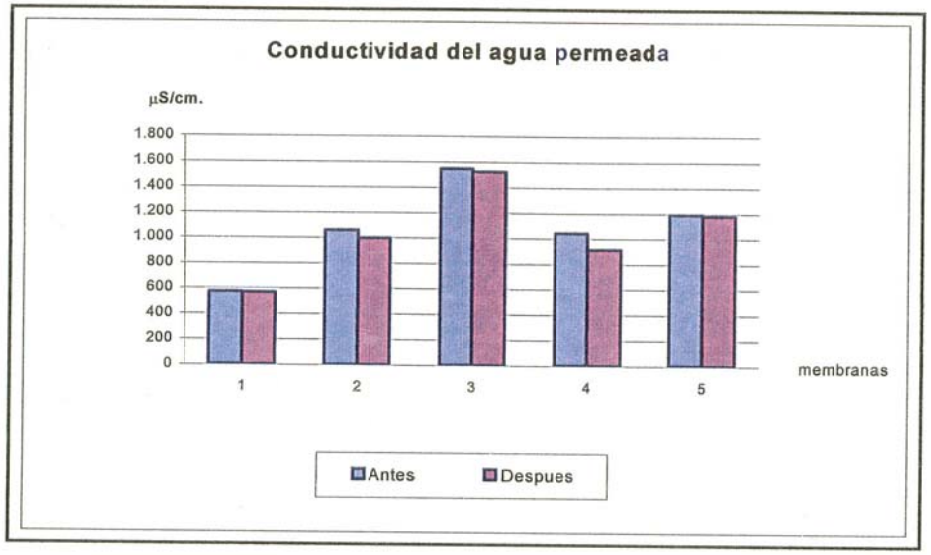



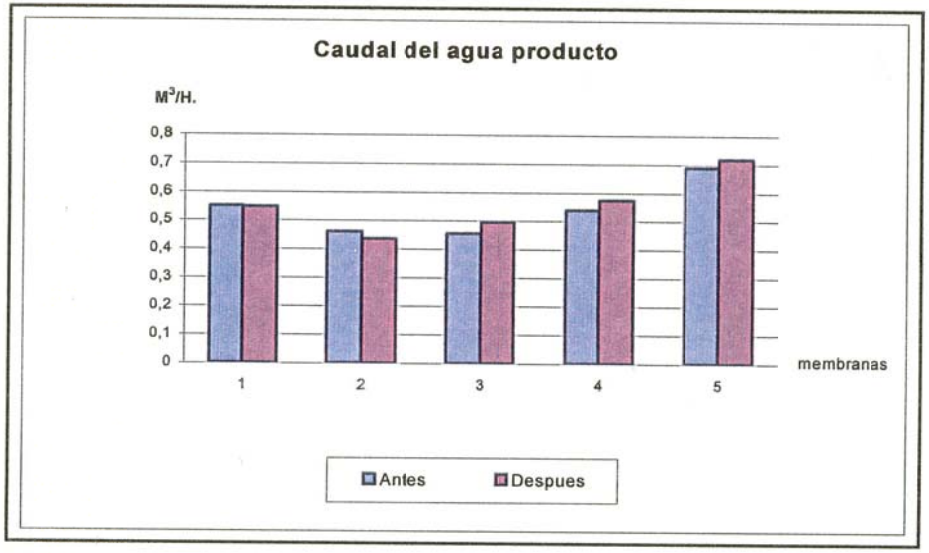

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

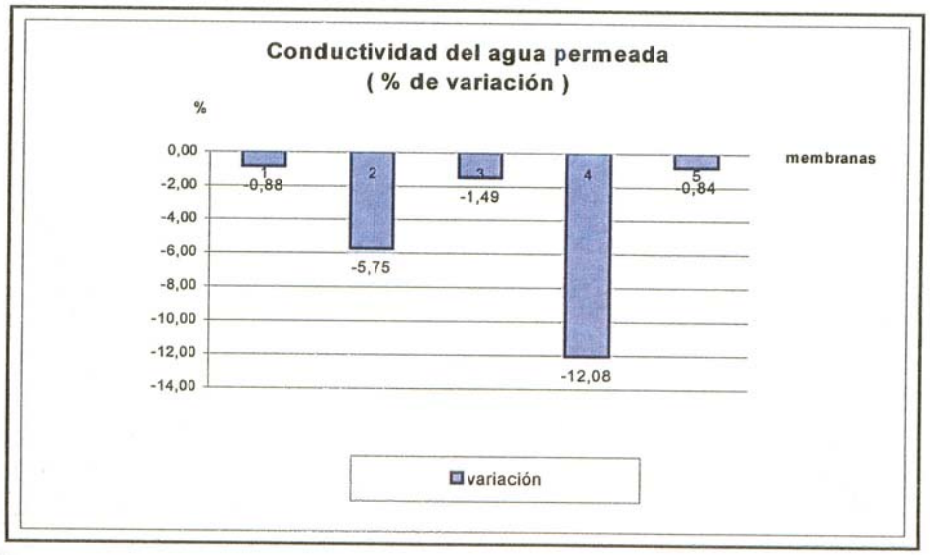
## SOLUCIÓN B: Nº4: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.5%

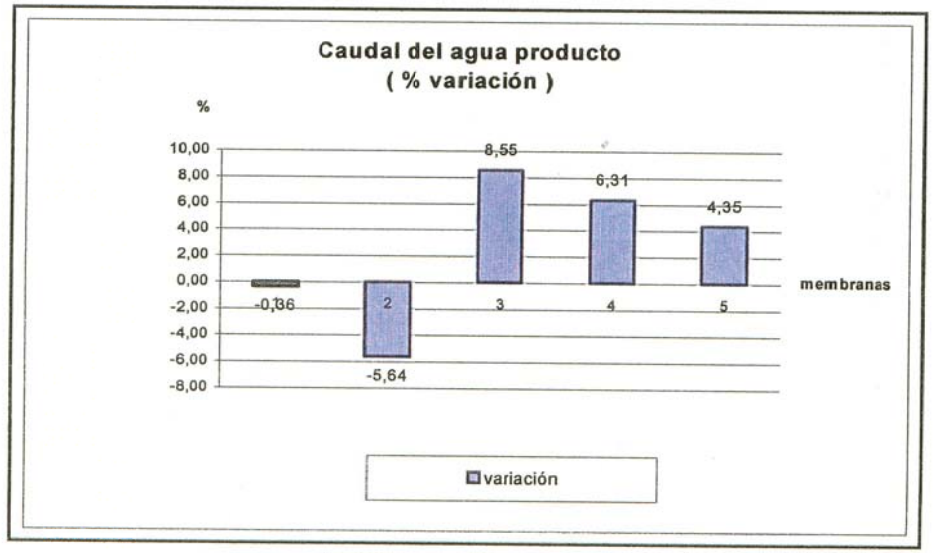
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº 4: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.5%



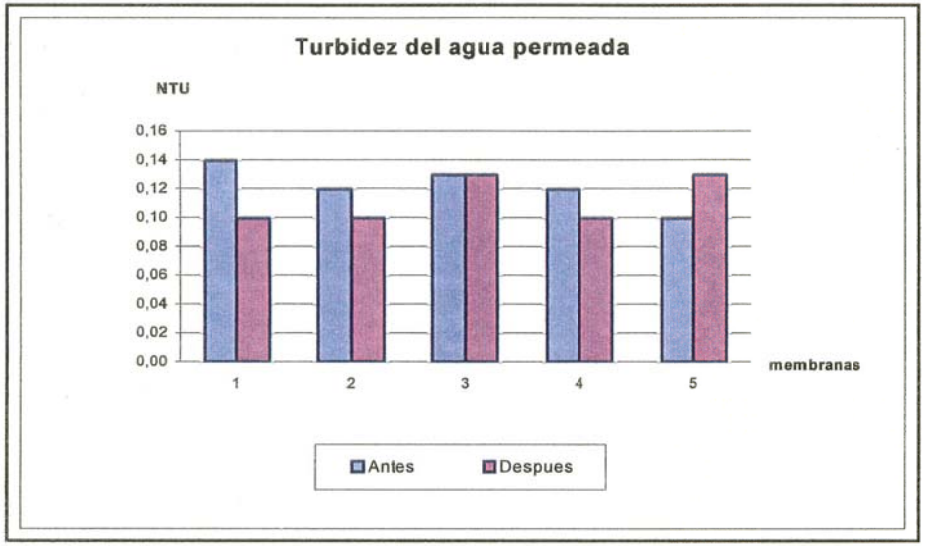



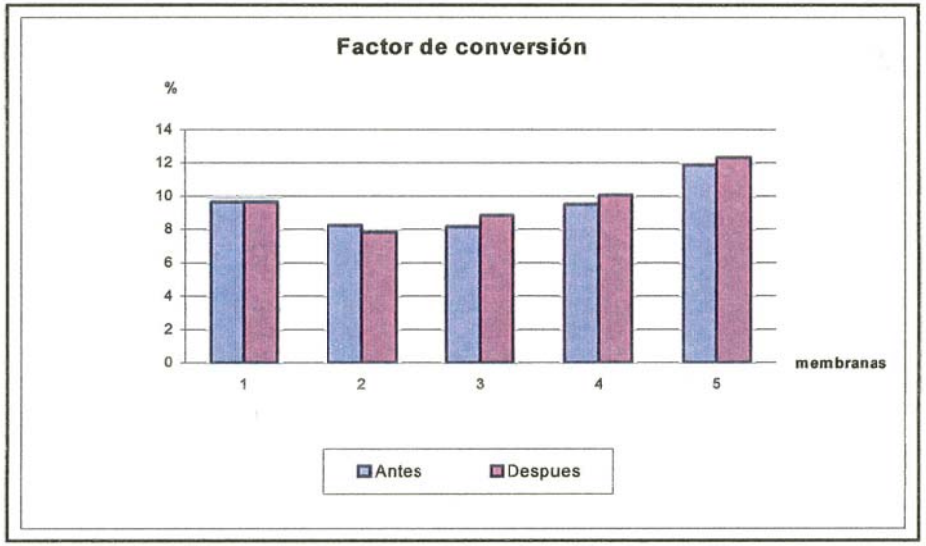



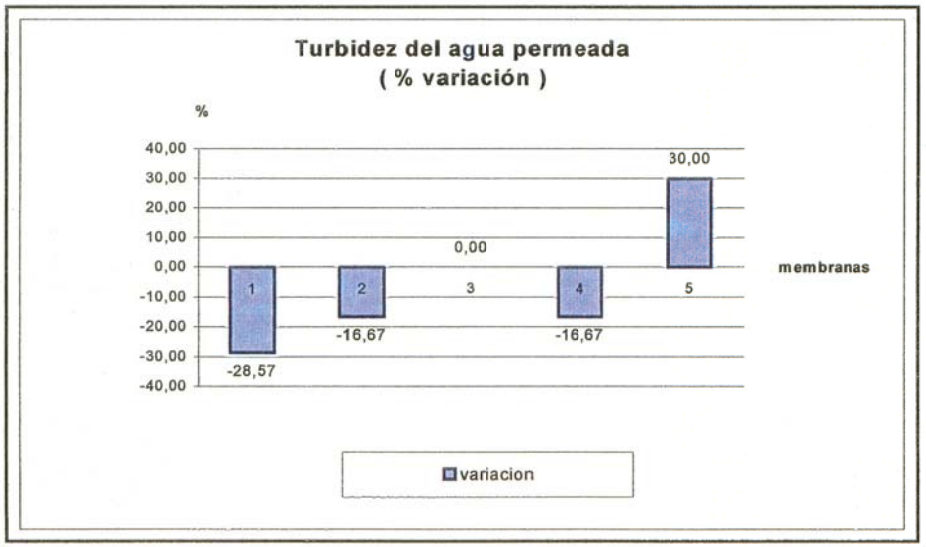



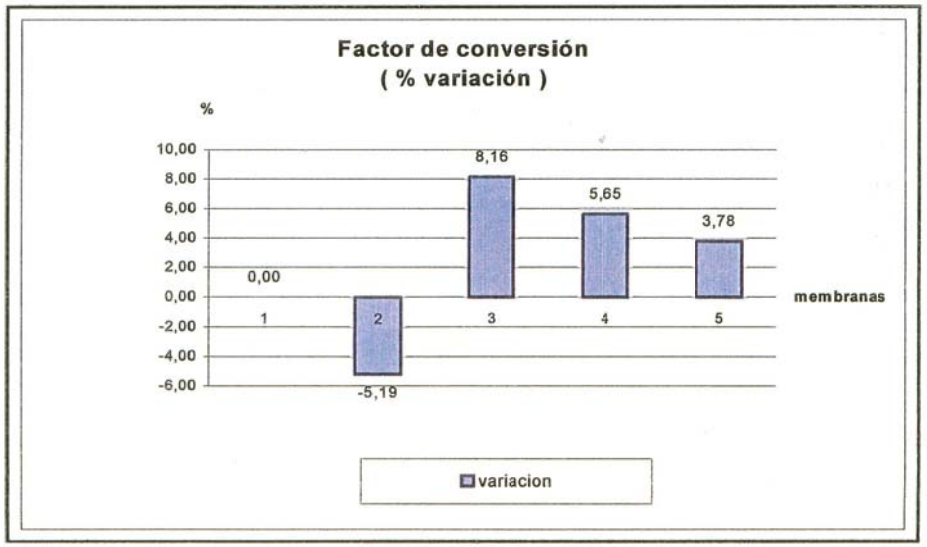

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº 4: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.5%



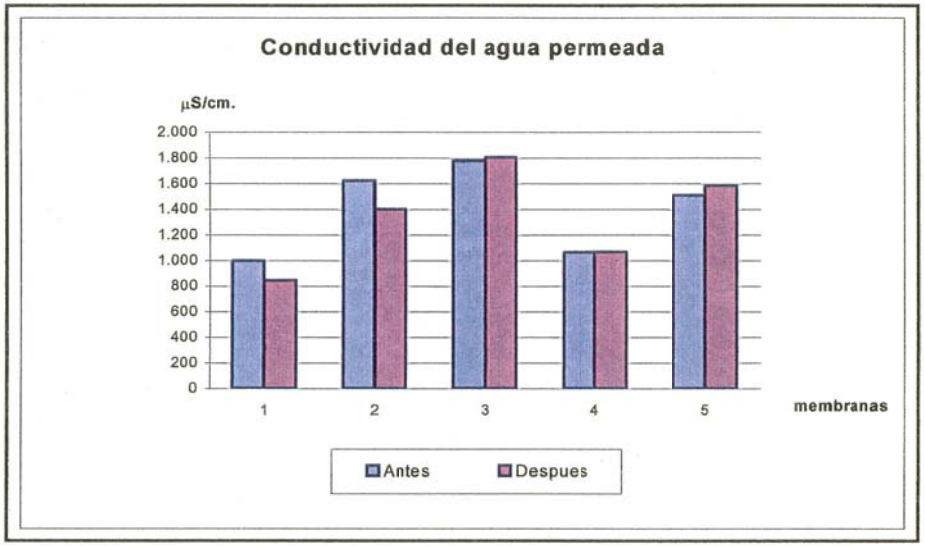



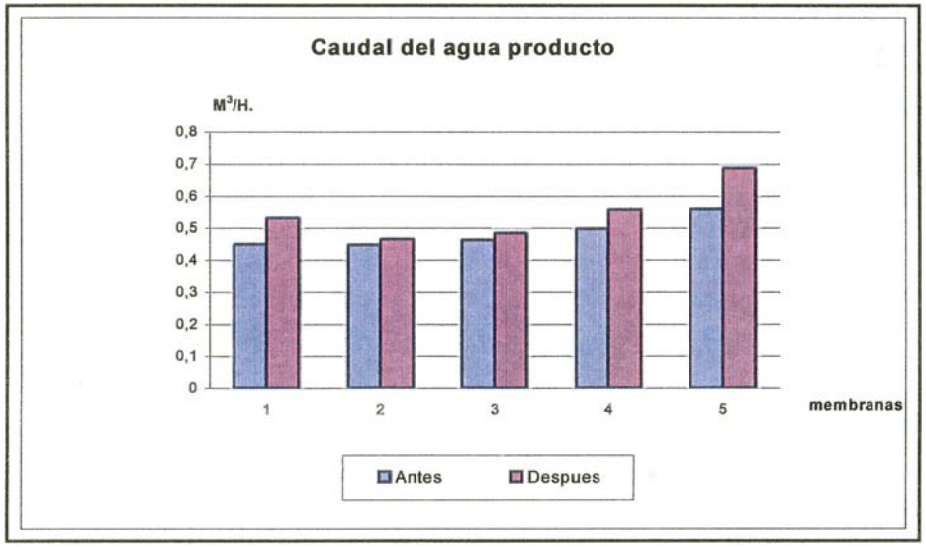

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

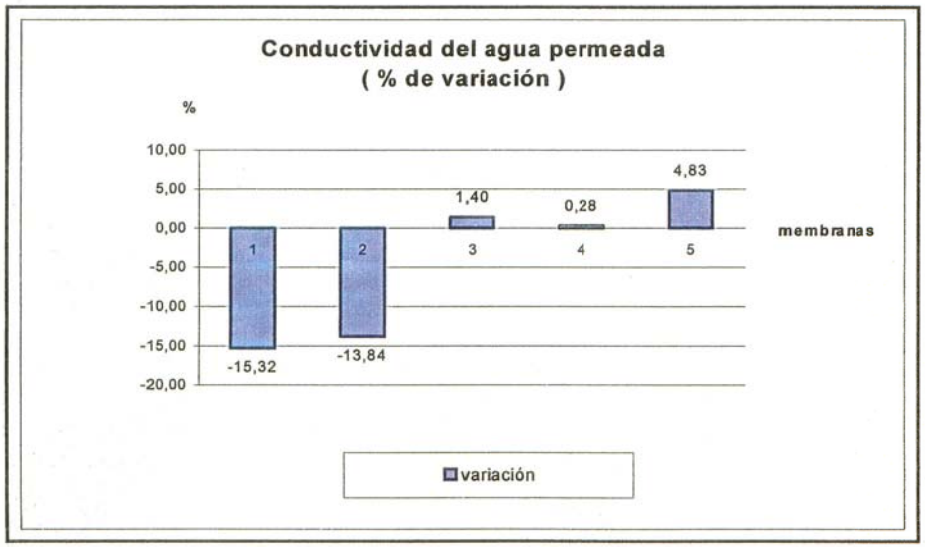
## SOLUCIÓN B: Nº5: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.8%

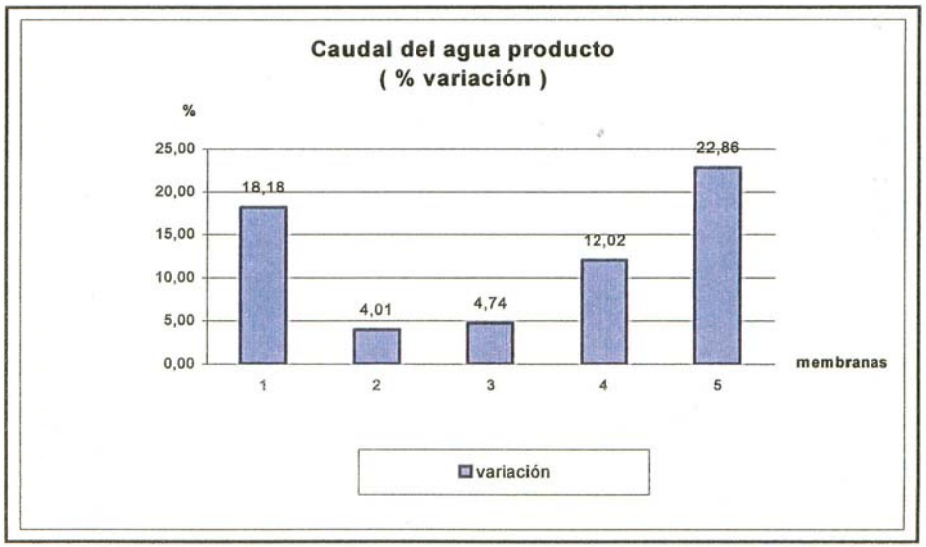
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº 5: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.8%



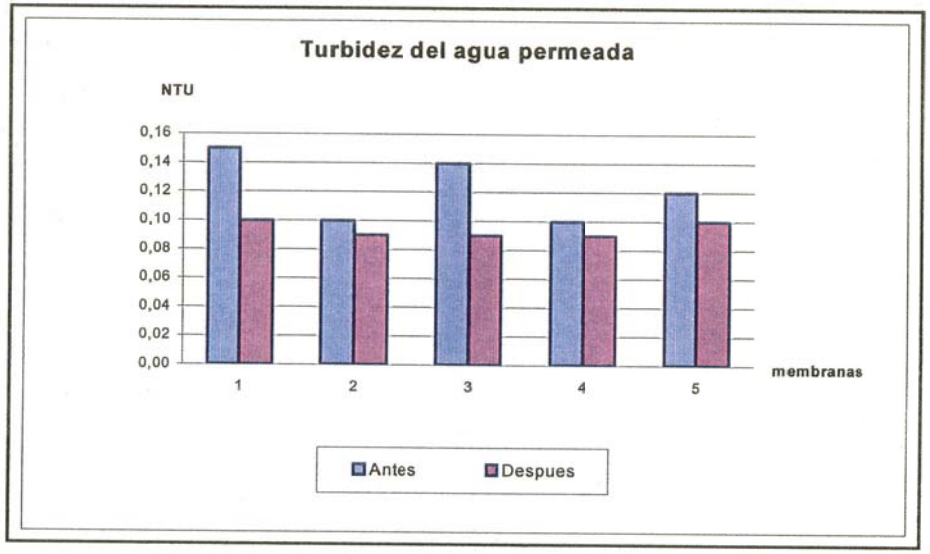



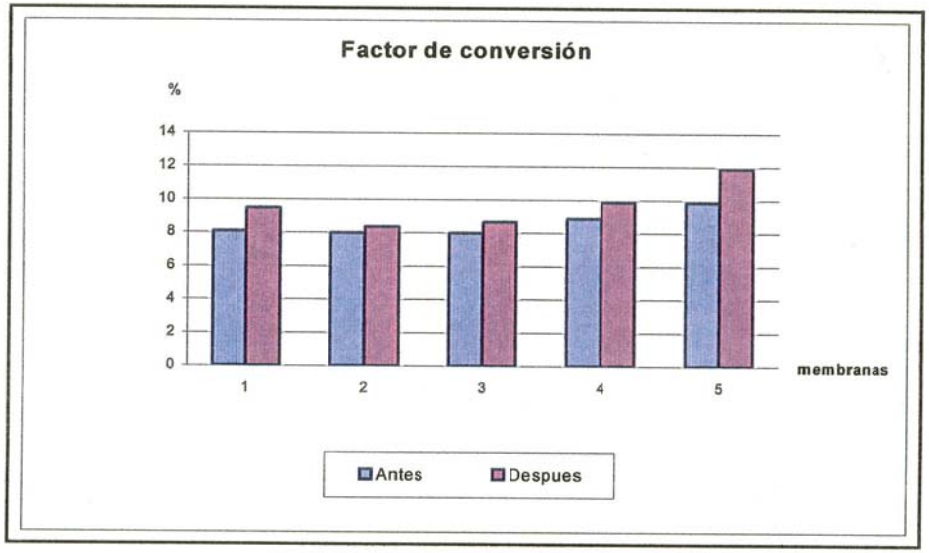



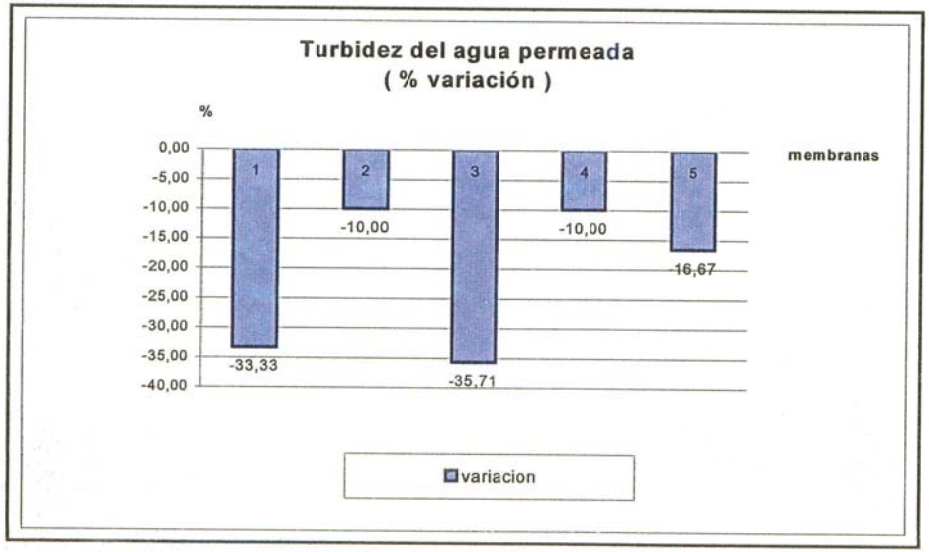



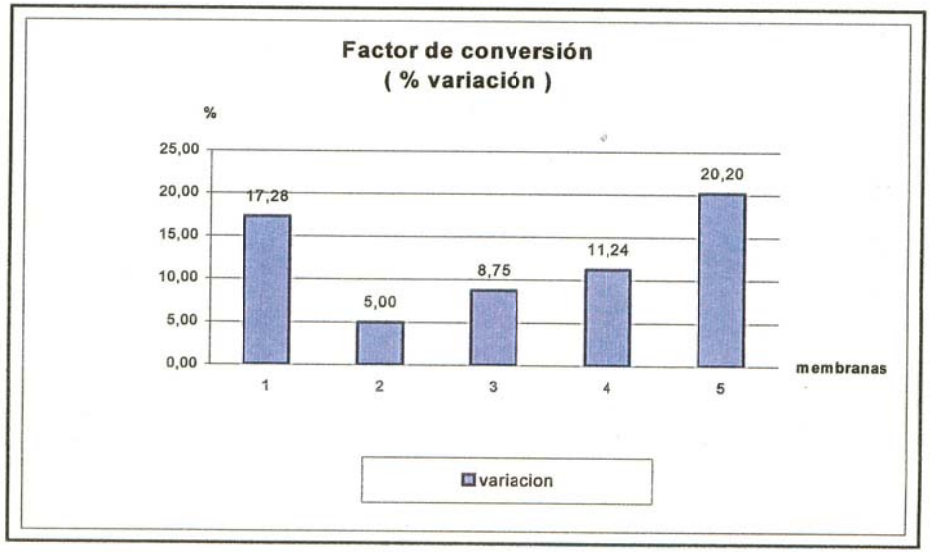

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº 5: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 0.8%



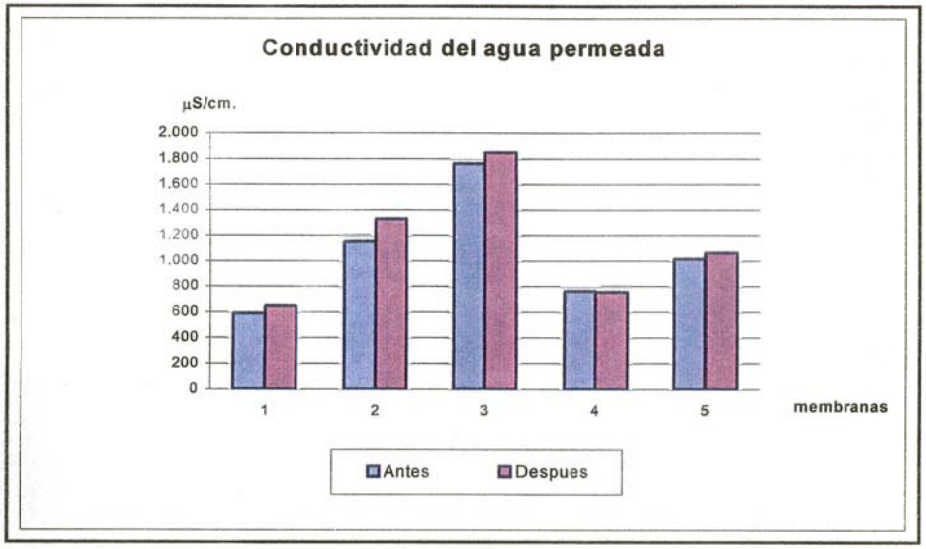



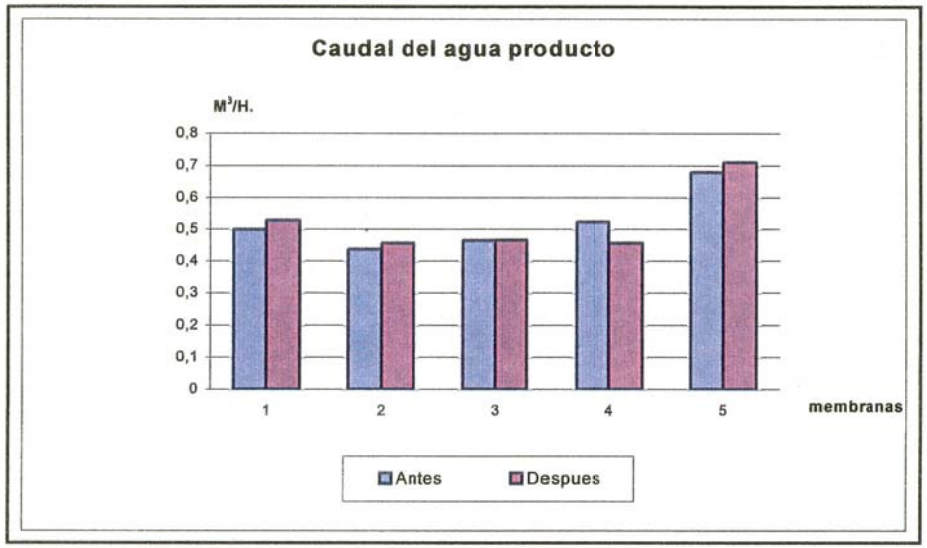

©Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

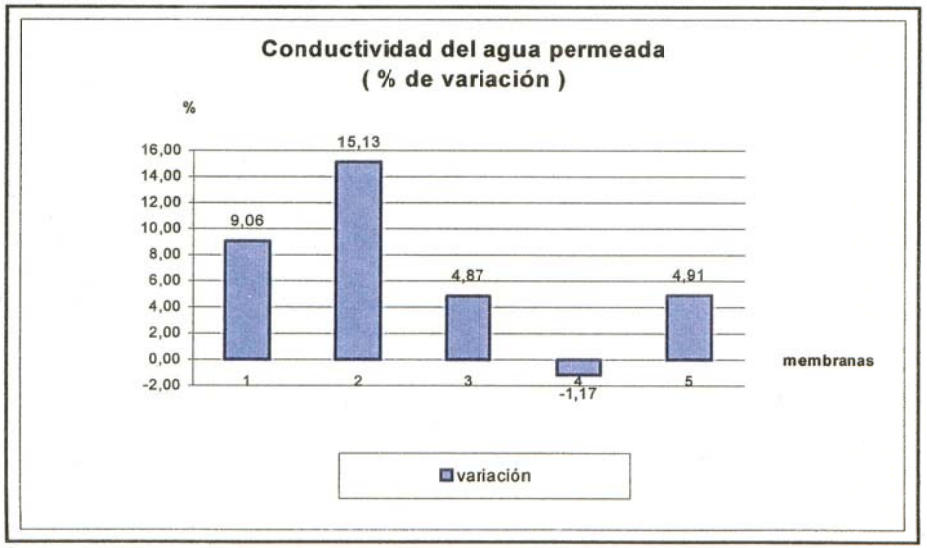
## SOLUCIÓN B: Nº6: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 1.0%

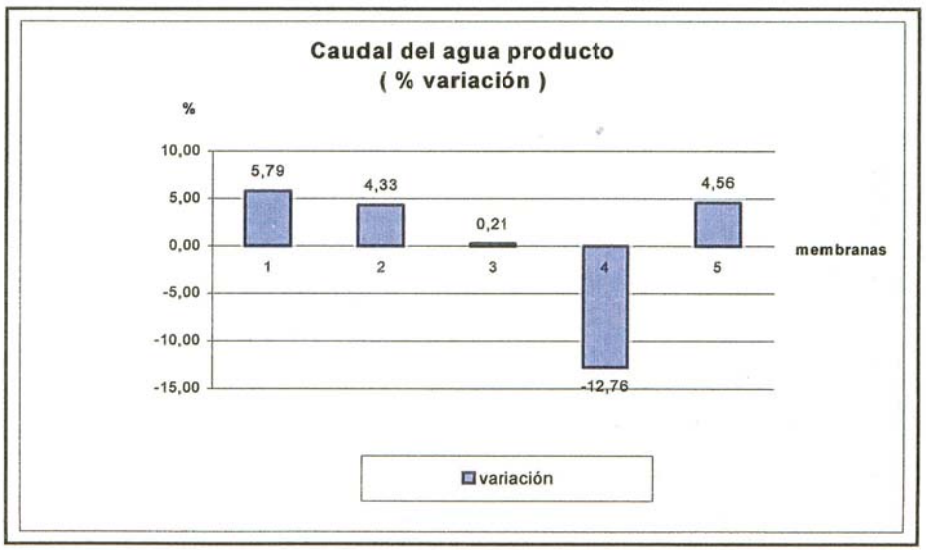
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº6: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 1%



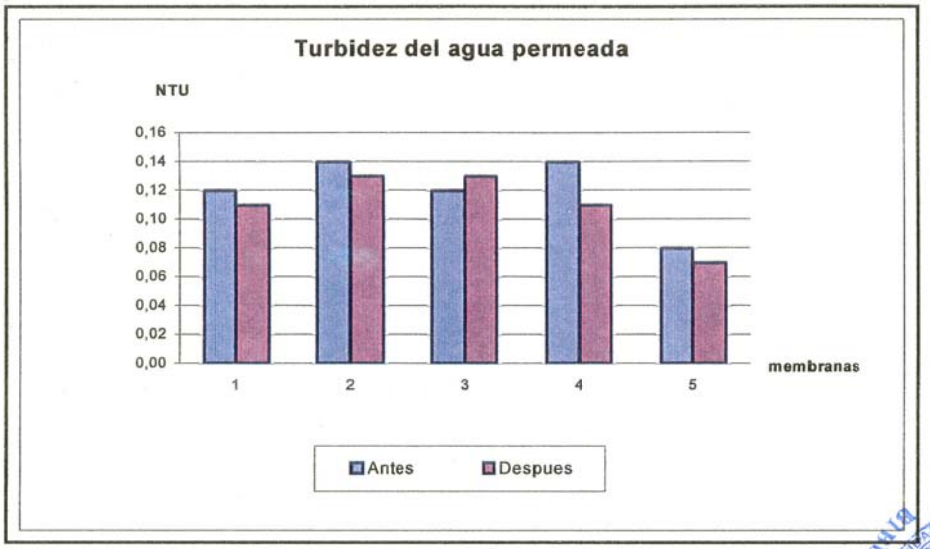



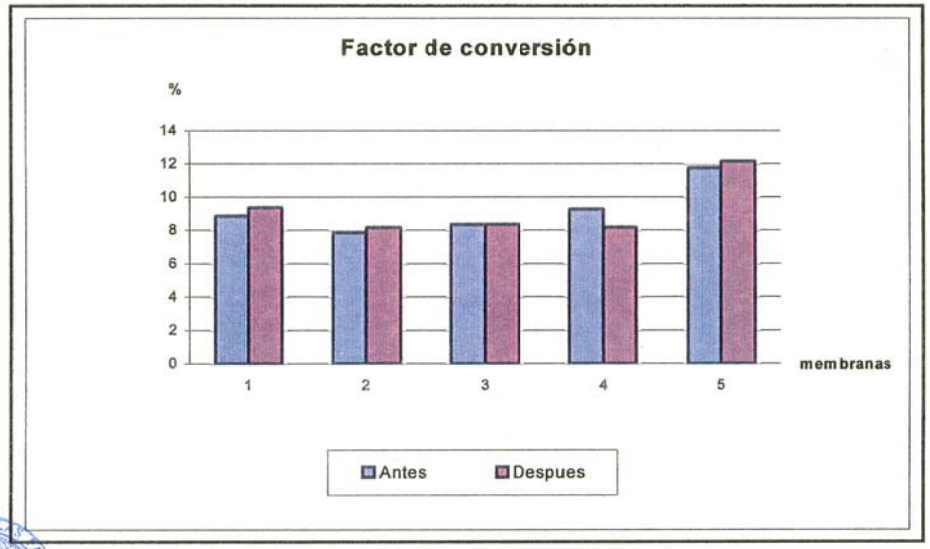



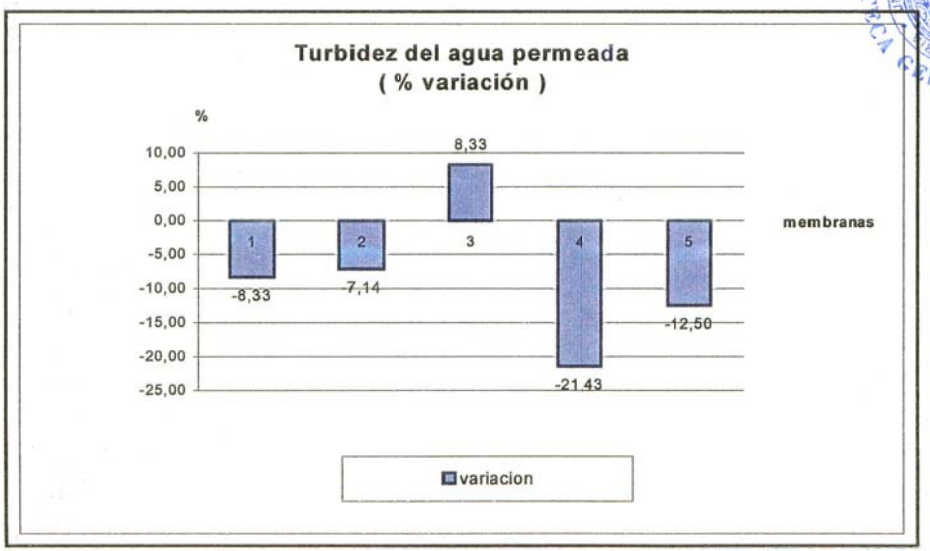



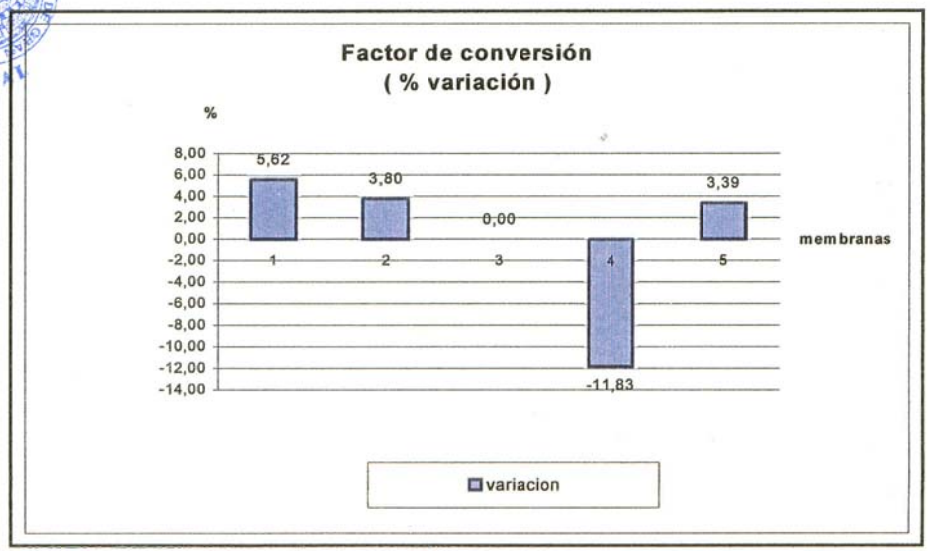

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución B: nº 6: Limpieza ácida con ácido clorhídrico al 1%



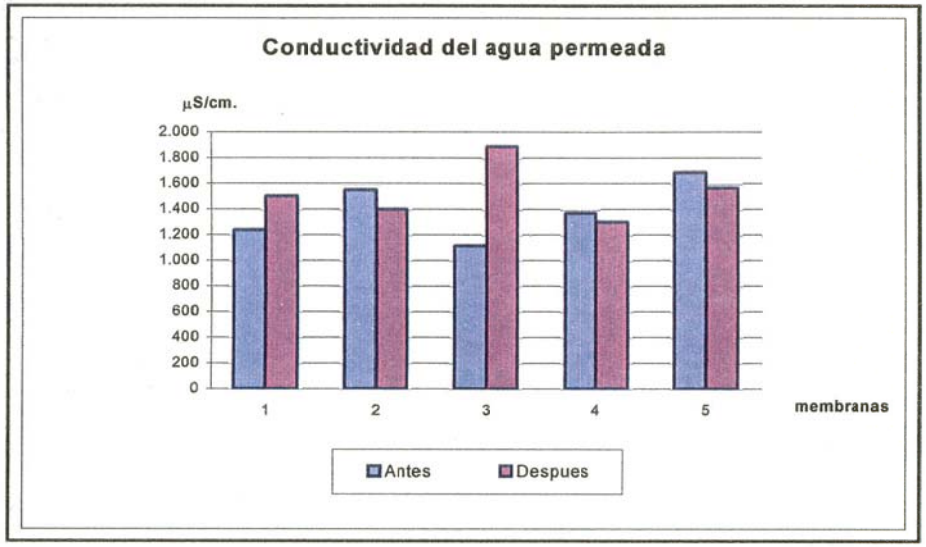



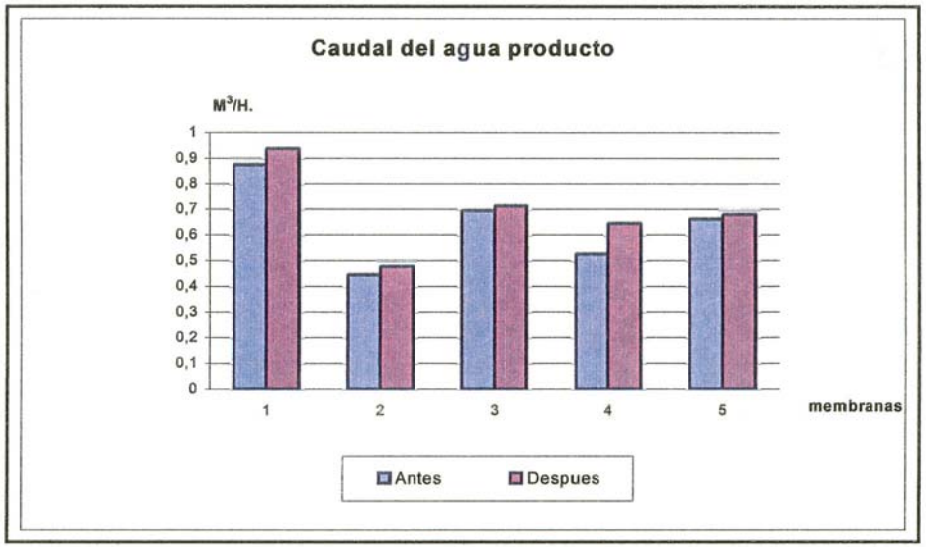

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

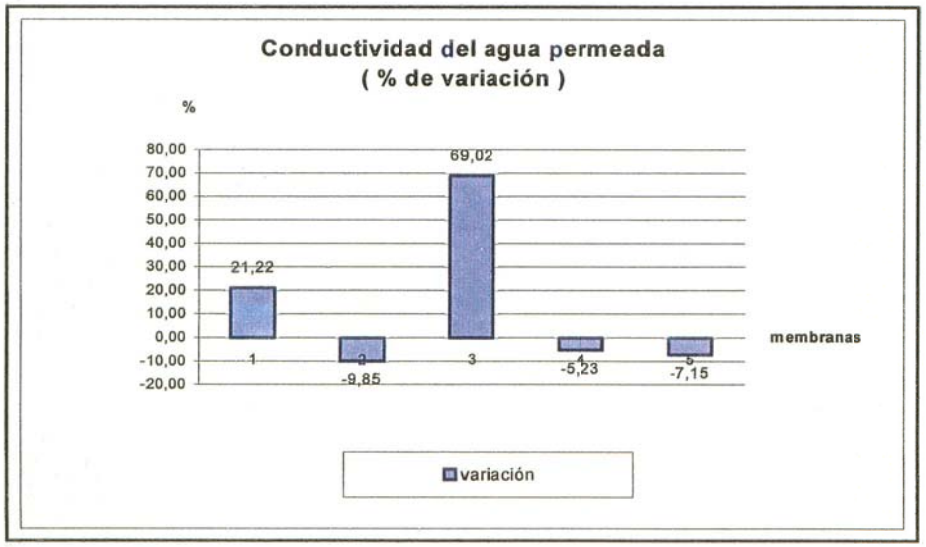
## SOLUCIÓN C: Nº7: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5%

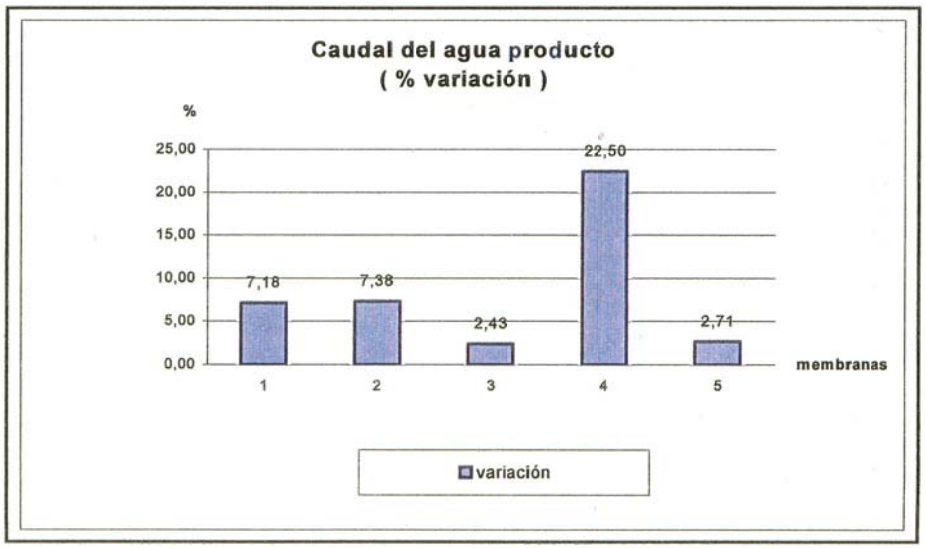
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº7: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5%



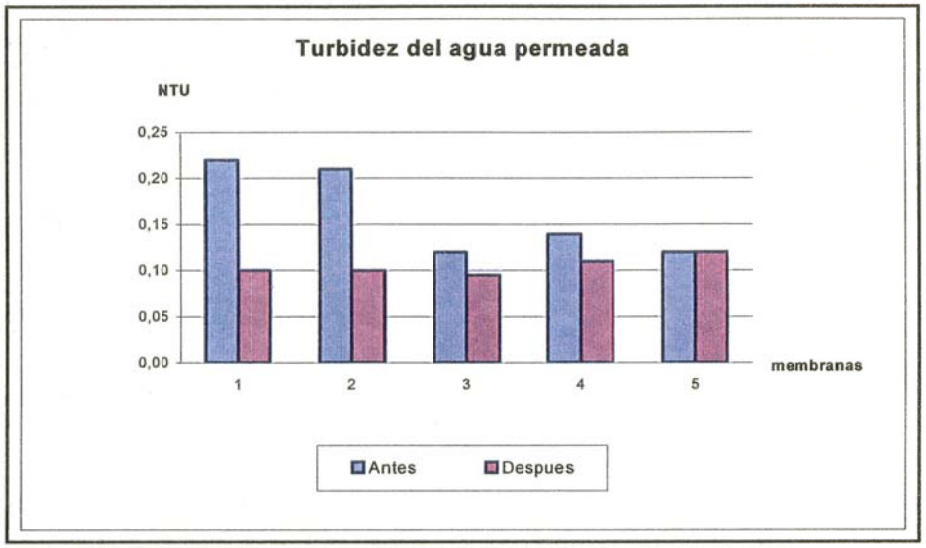



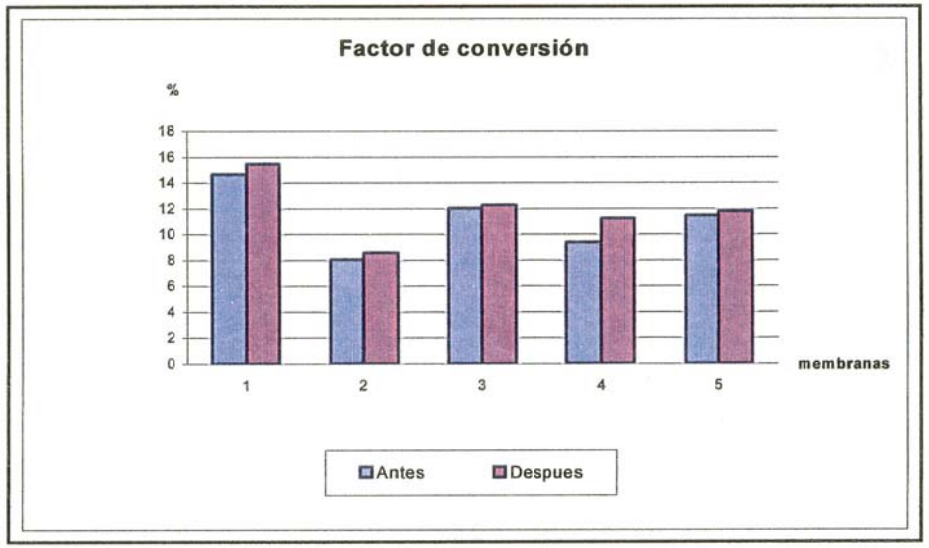



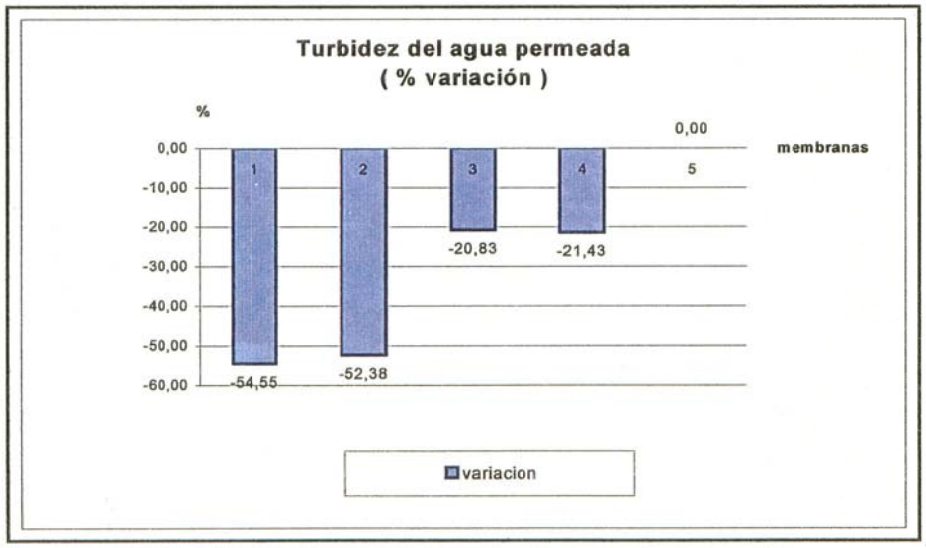



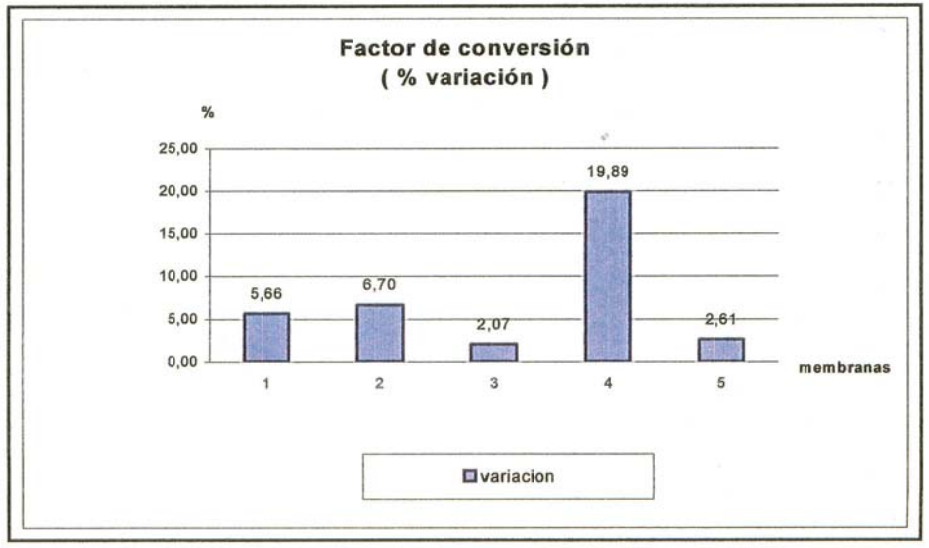

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº 7: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.5%



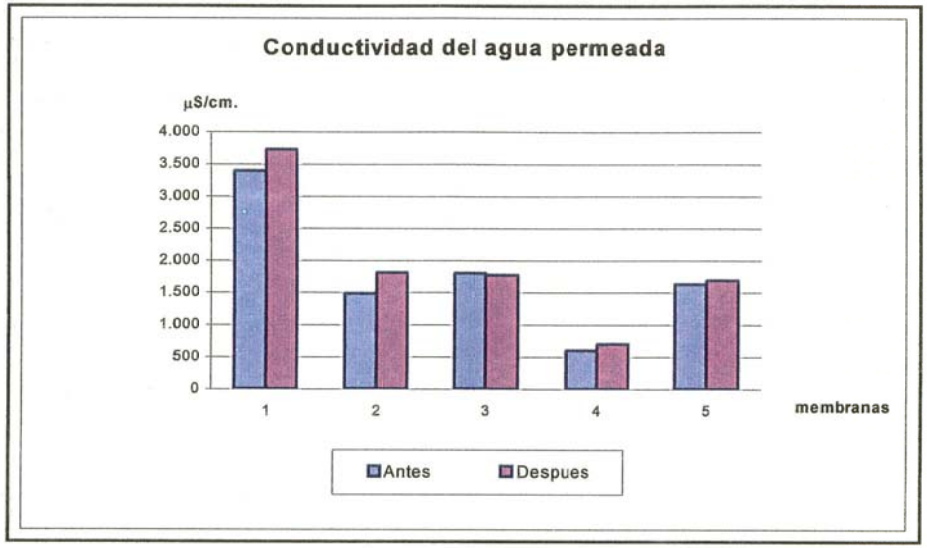



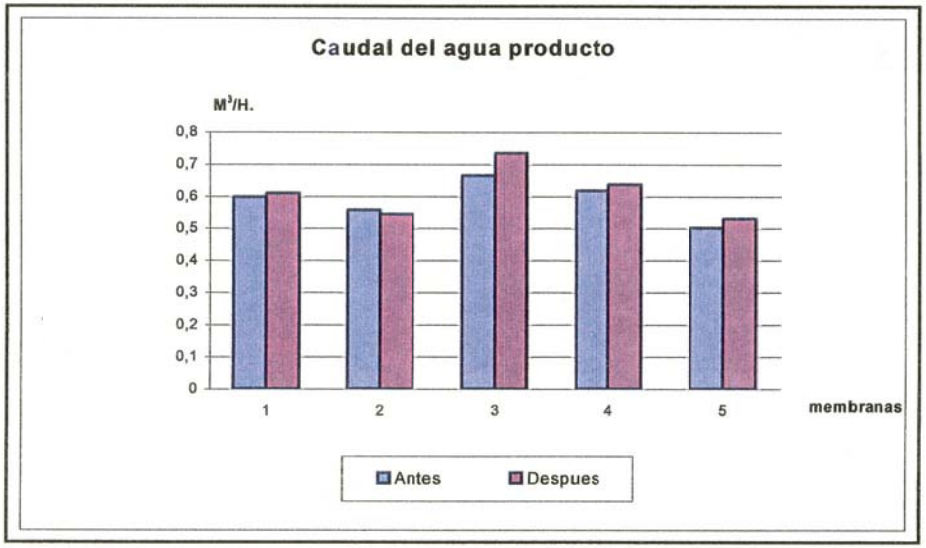

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

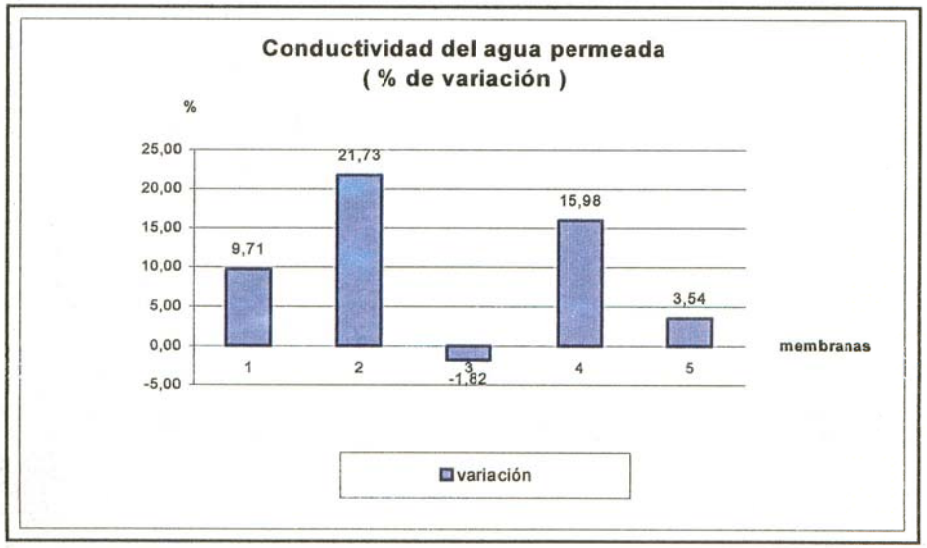
## SOLUCIÓN C: Nº8: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.8%

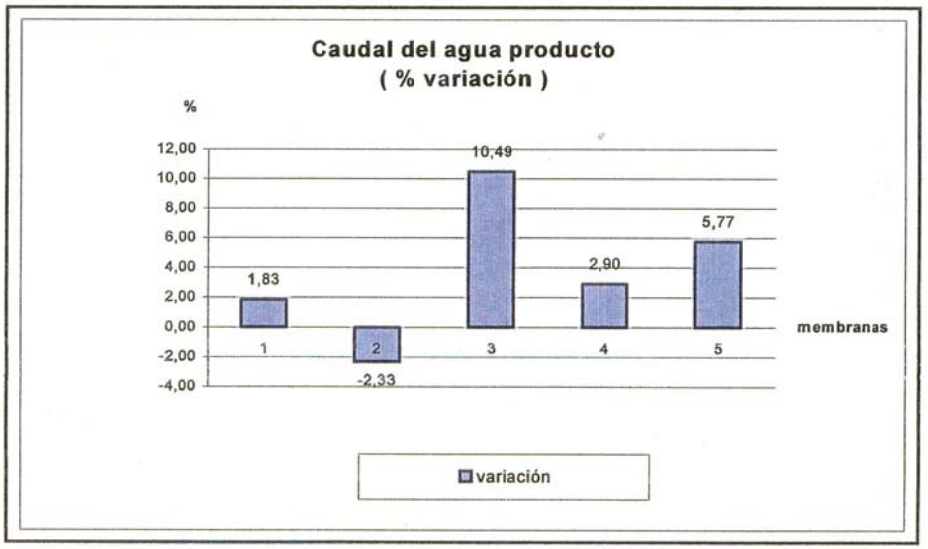
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº 8: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.8%



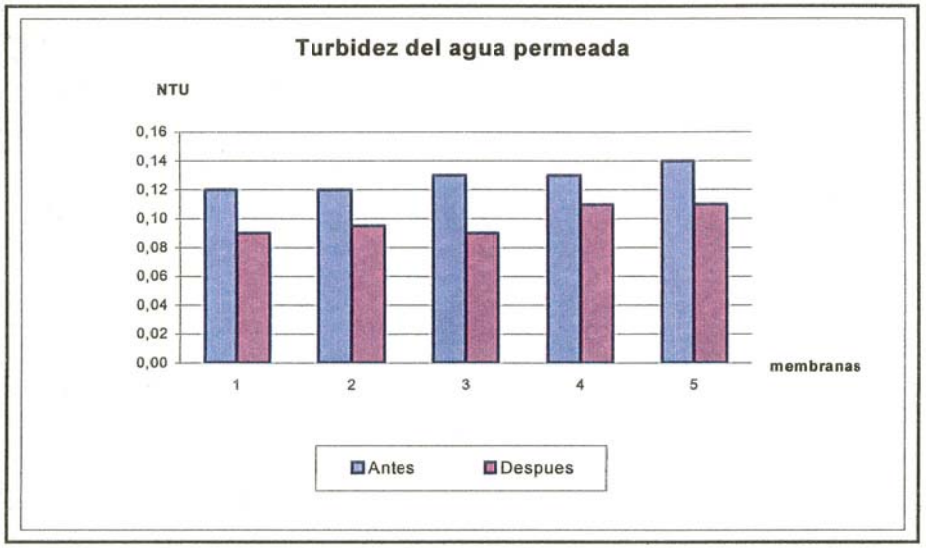



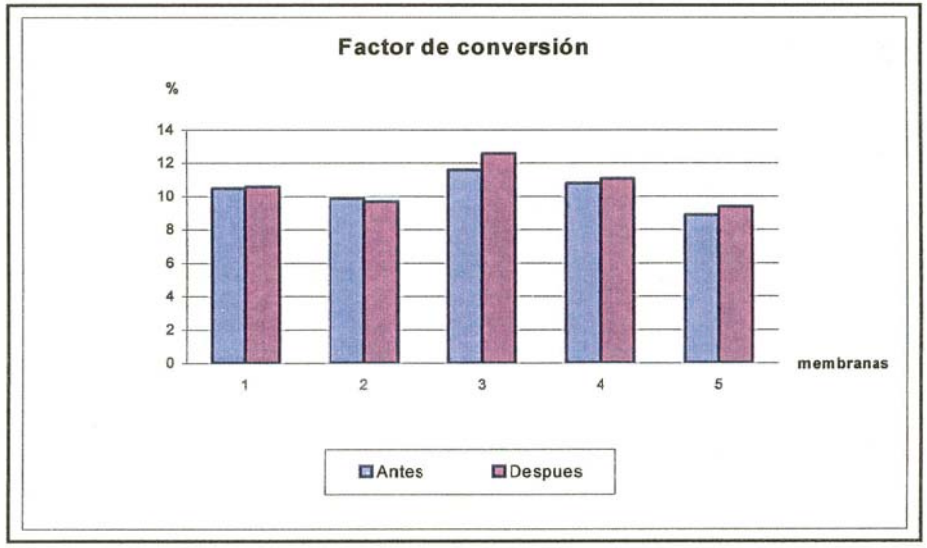



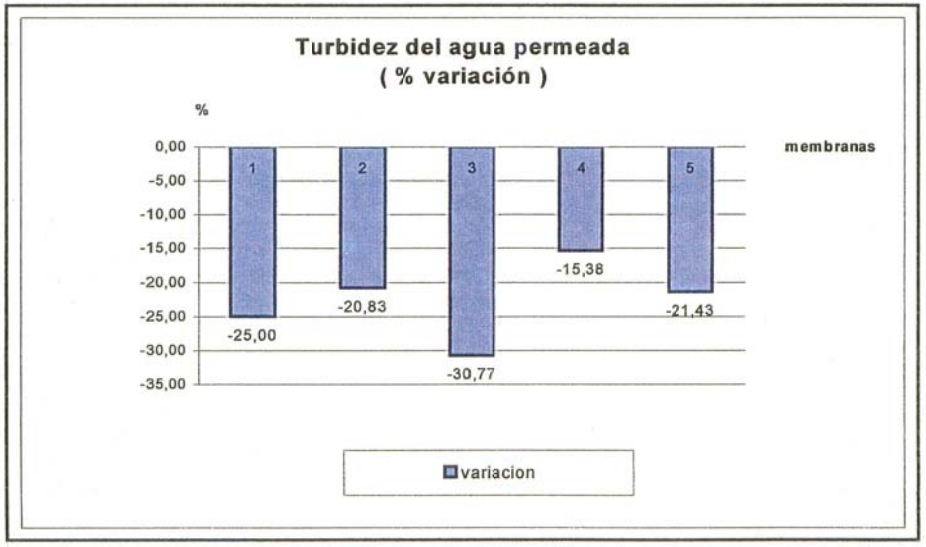



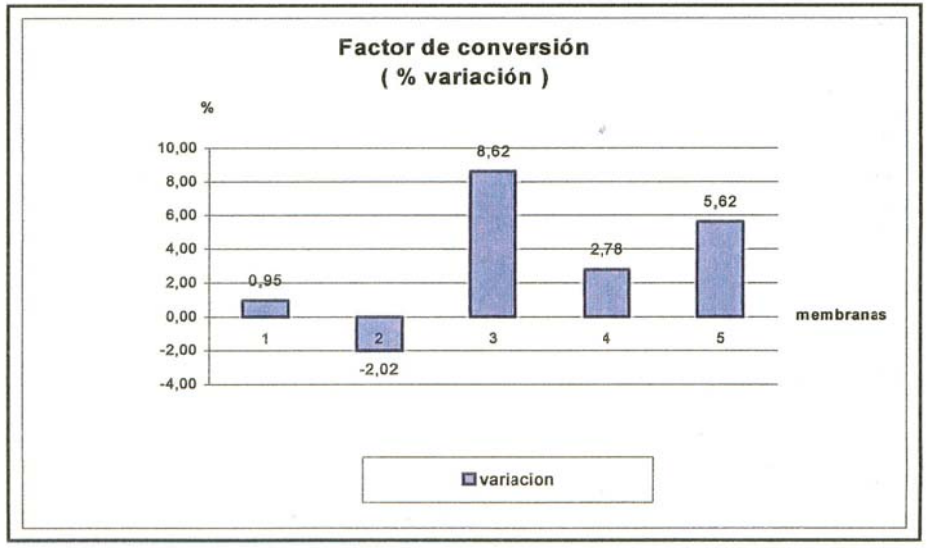

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº 8: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 0.8%



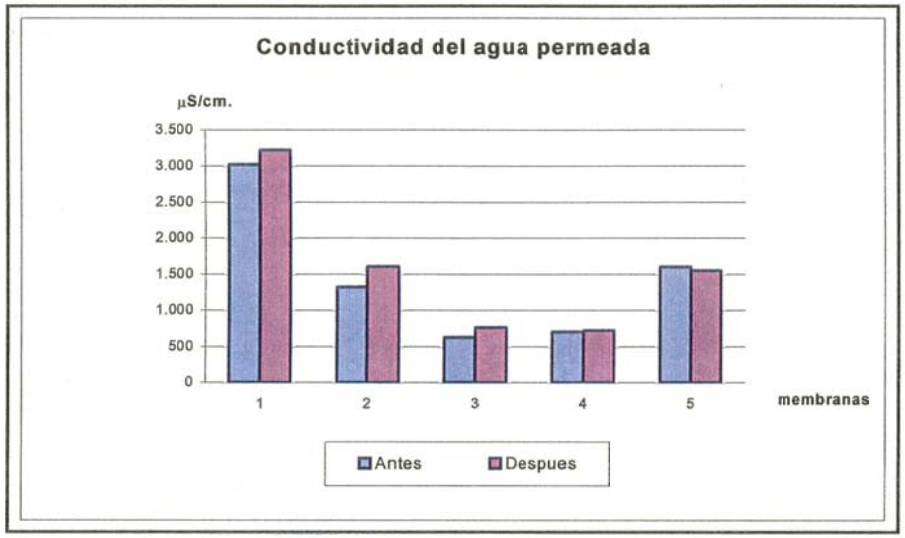



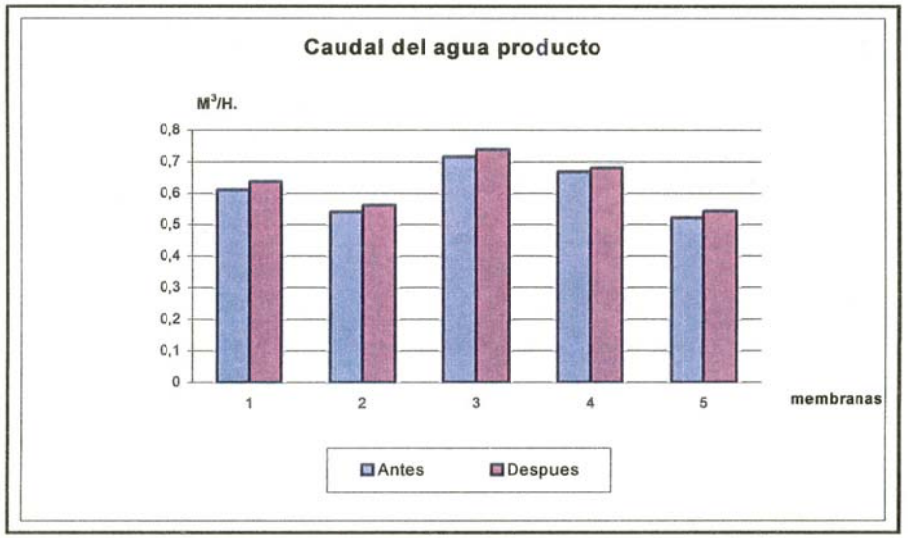

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

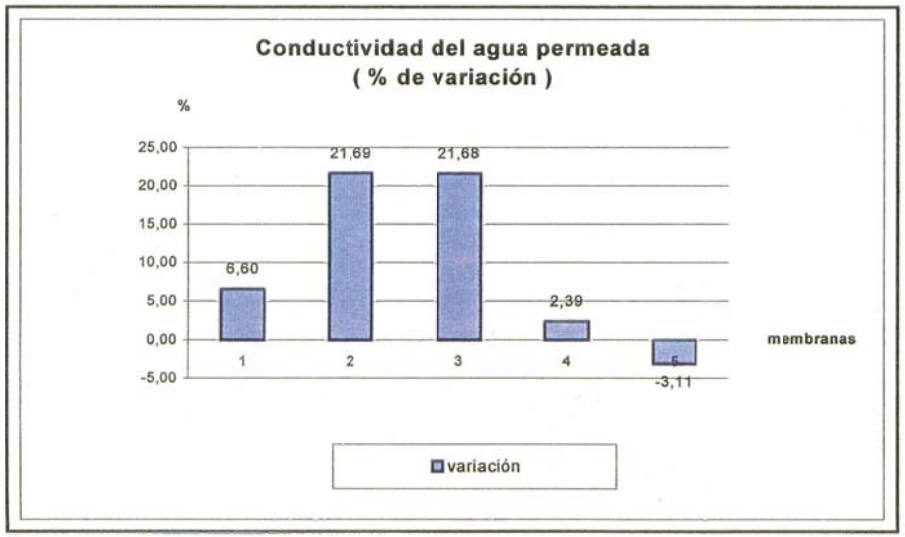
## SOLUCIÓN C: Nº9: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y básica con sosa al 1.0%

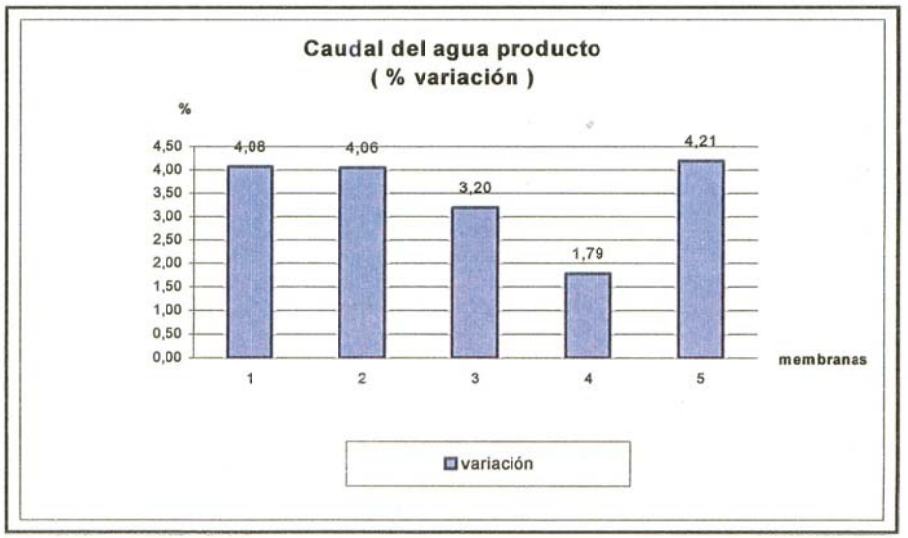
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº 9: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 1%



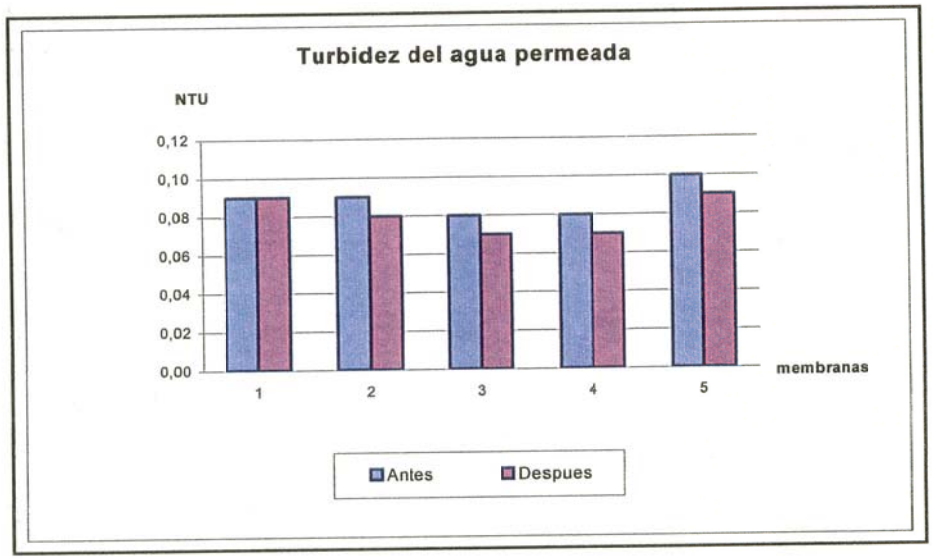



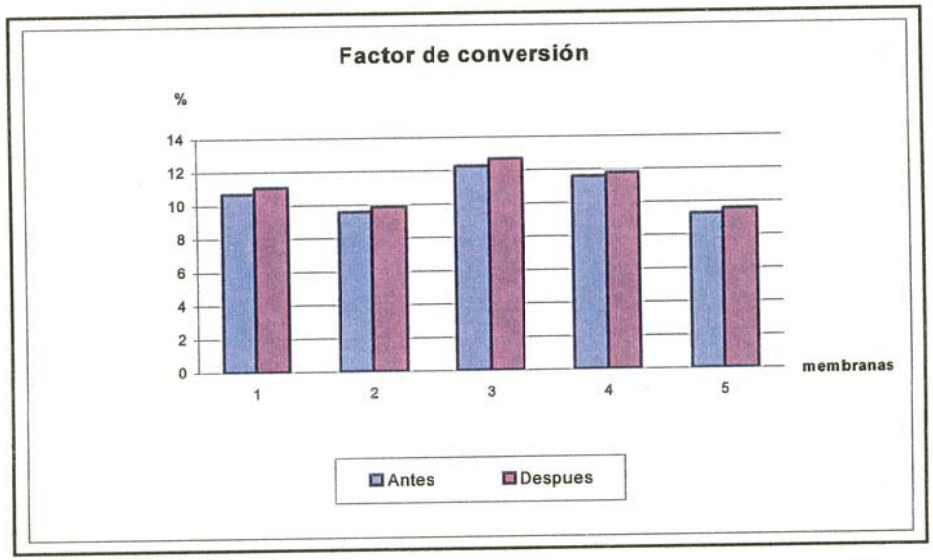



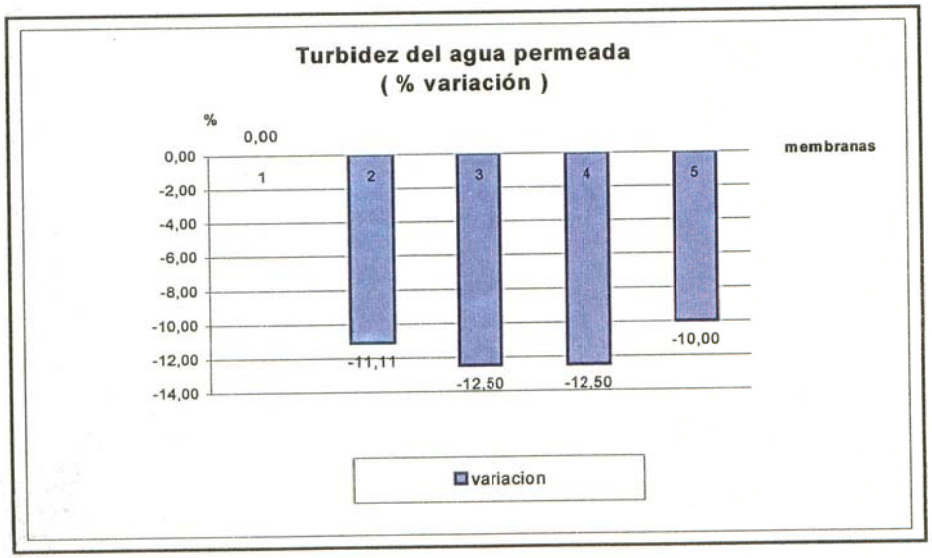



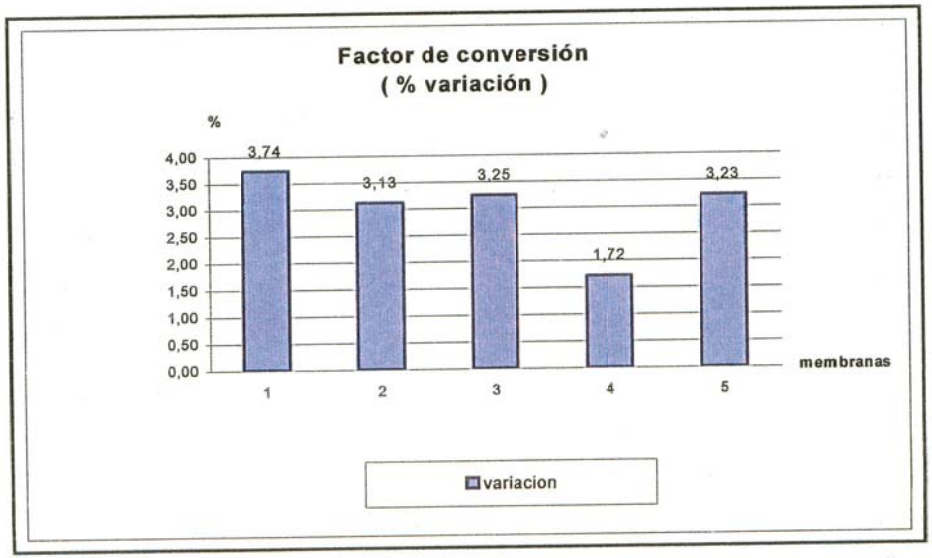

© Universicad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución C: nº 9: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa al 1%



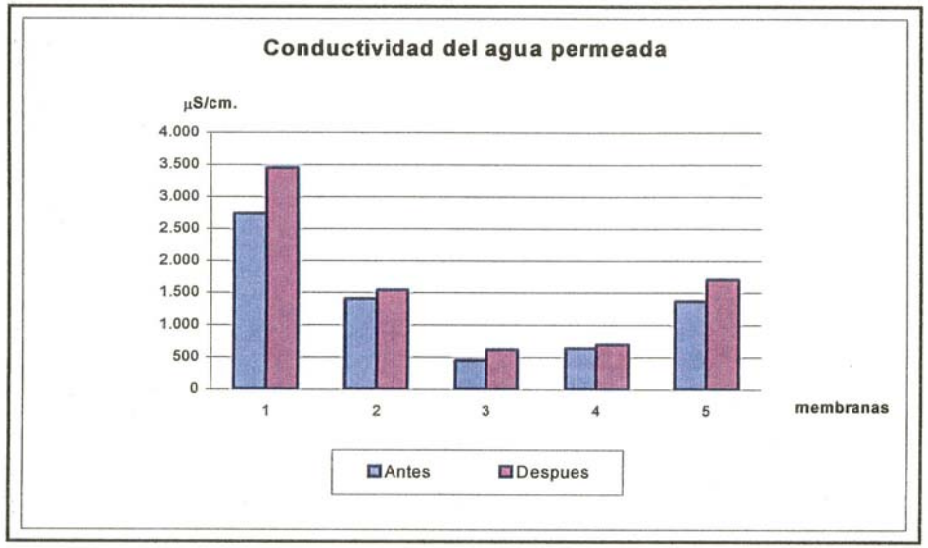



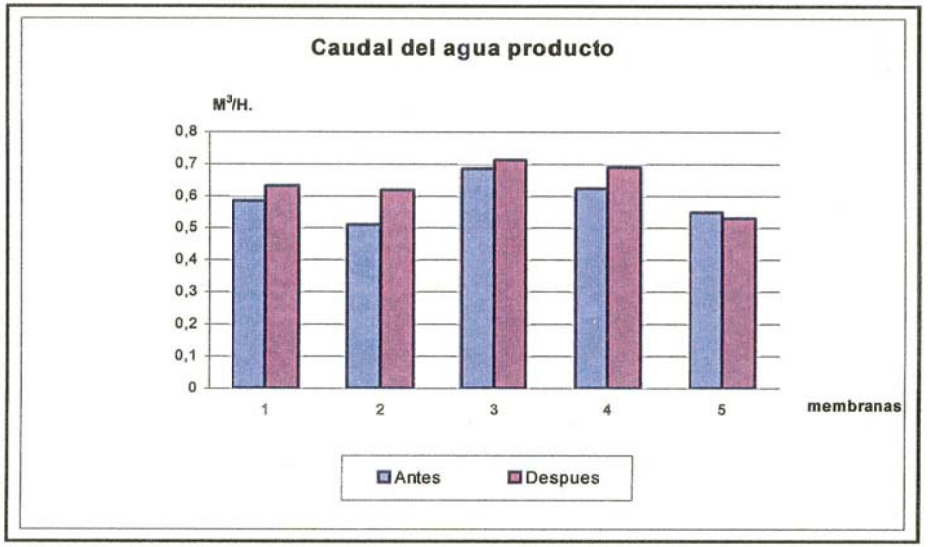

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

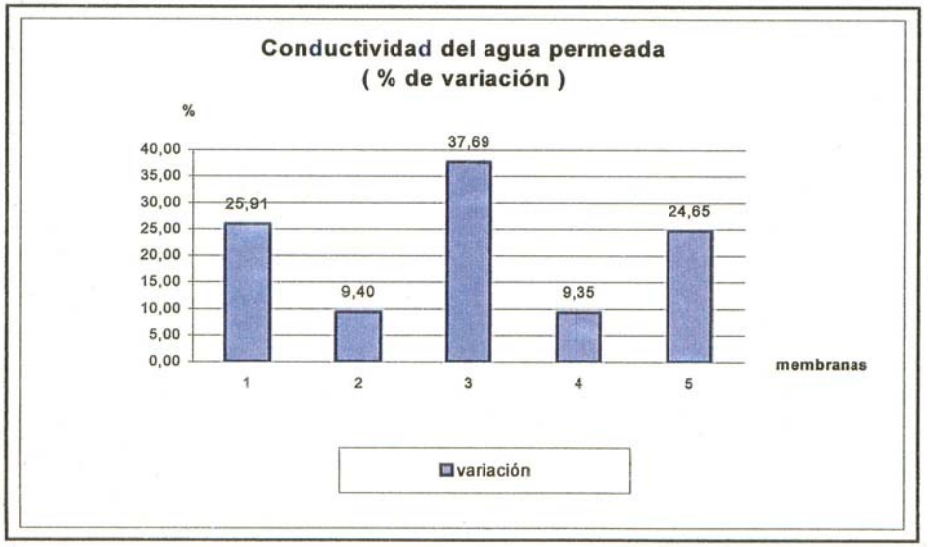
# SOLUCIÓN D: Nº10: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%

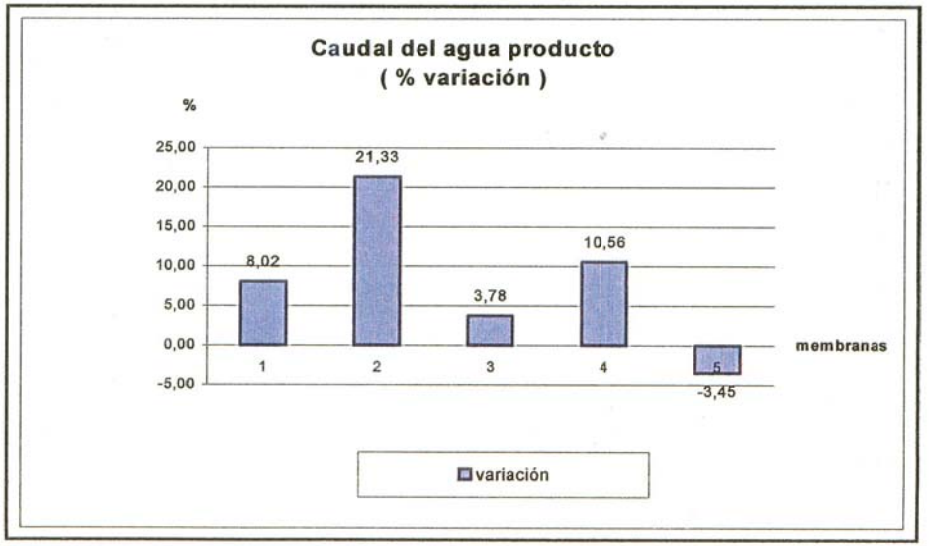
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº 10: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%.



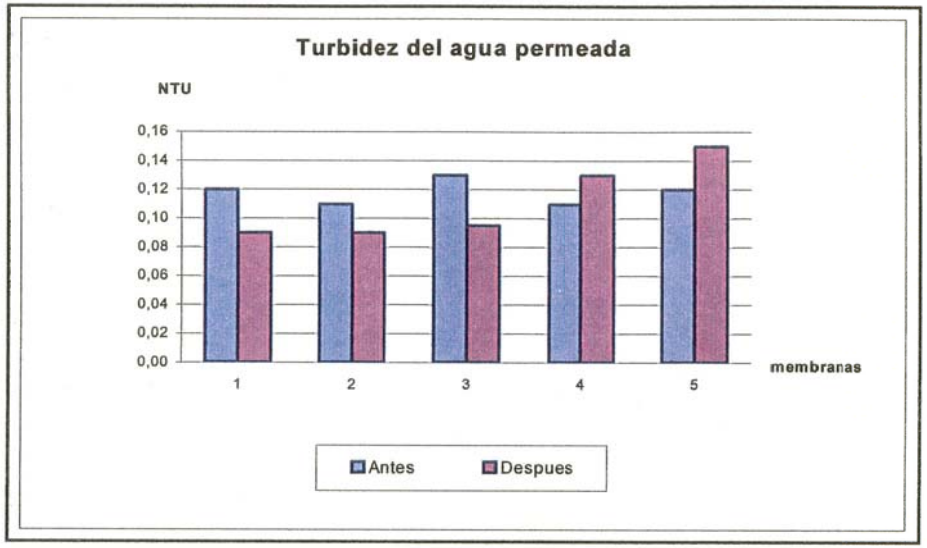



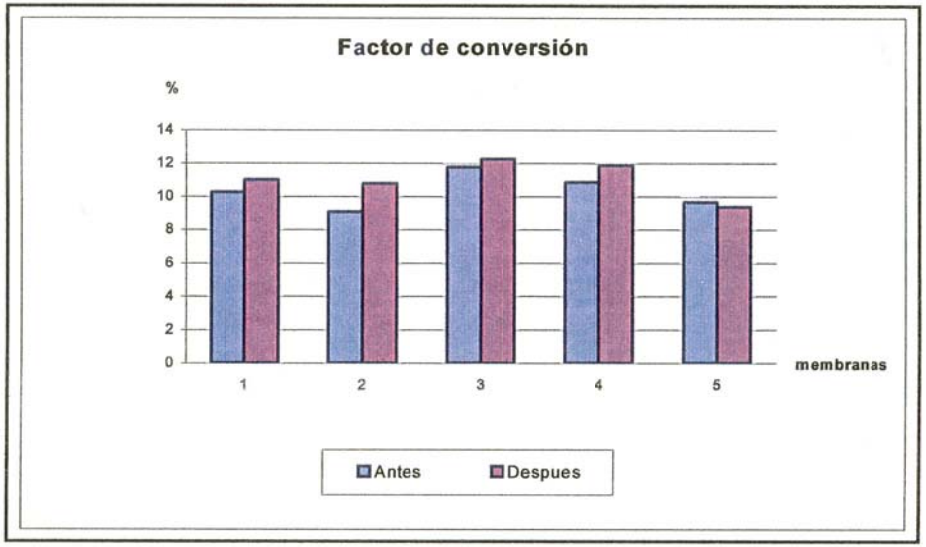



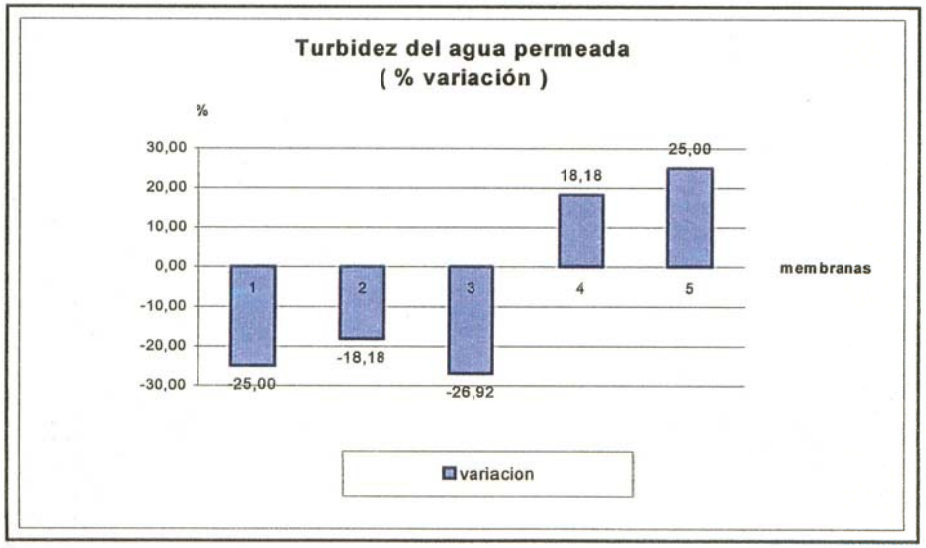



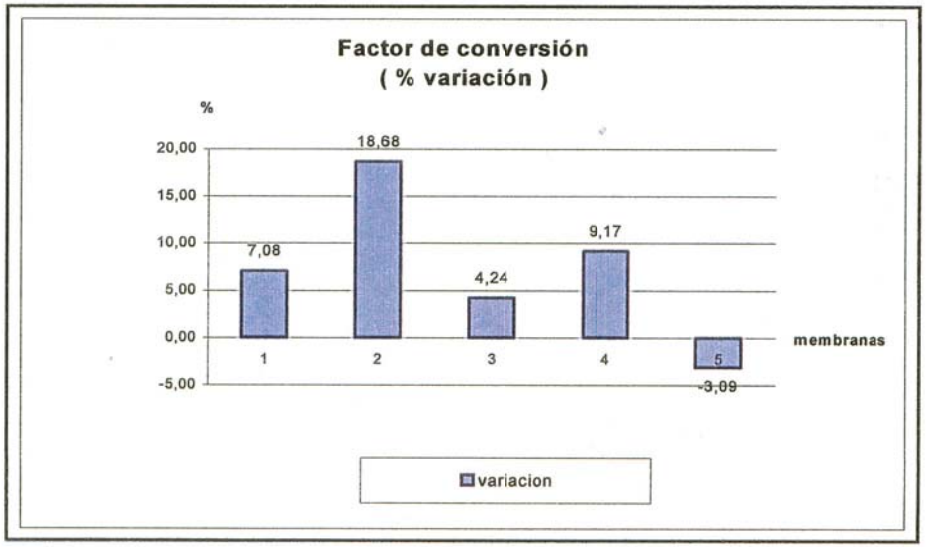

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº10: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%



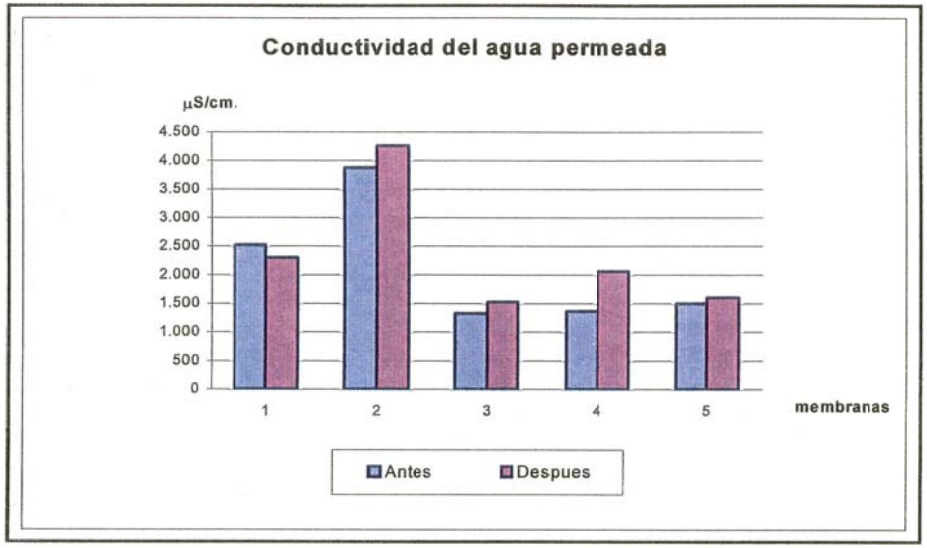



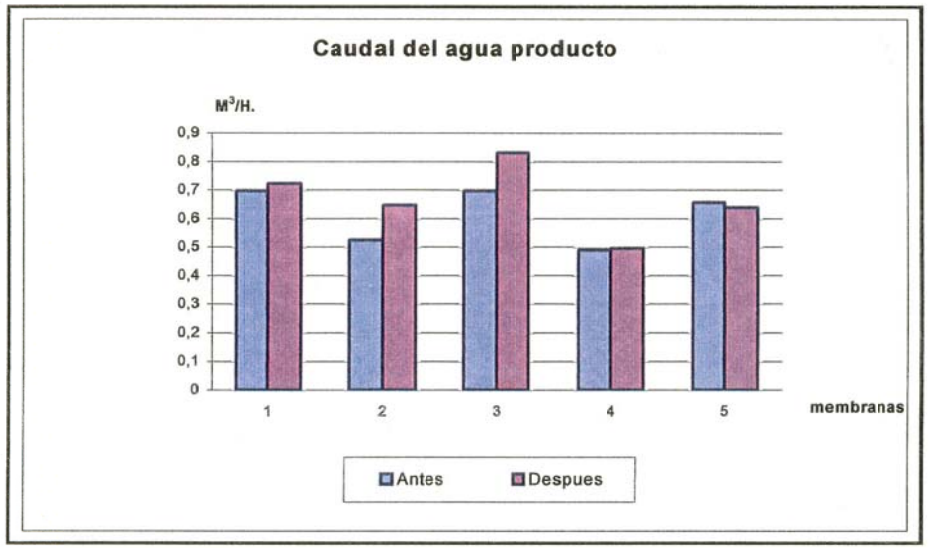

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

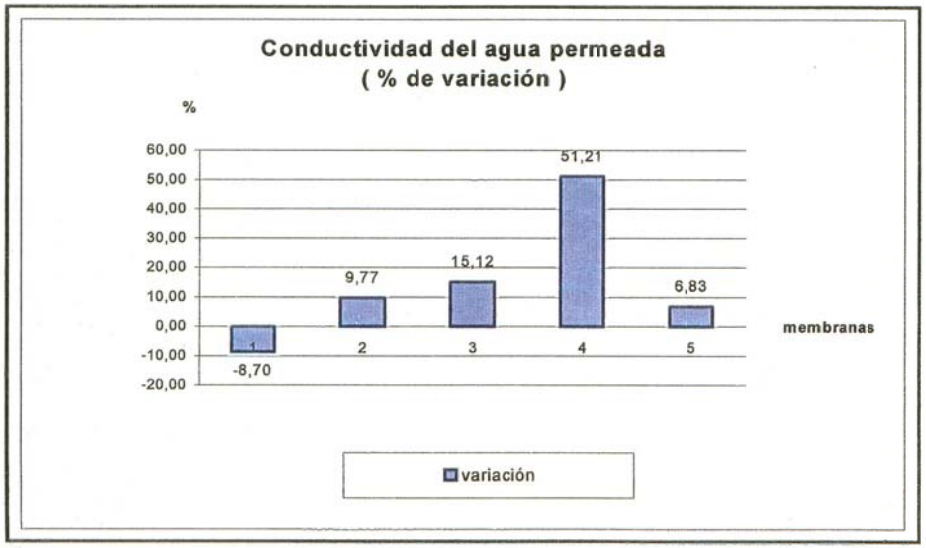
## SOLUCIÓN D: Nº11: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%

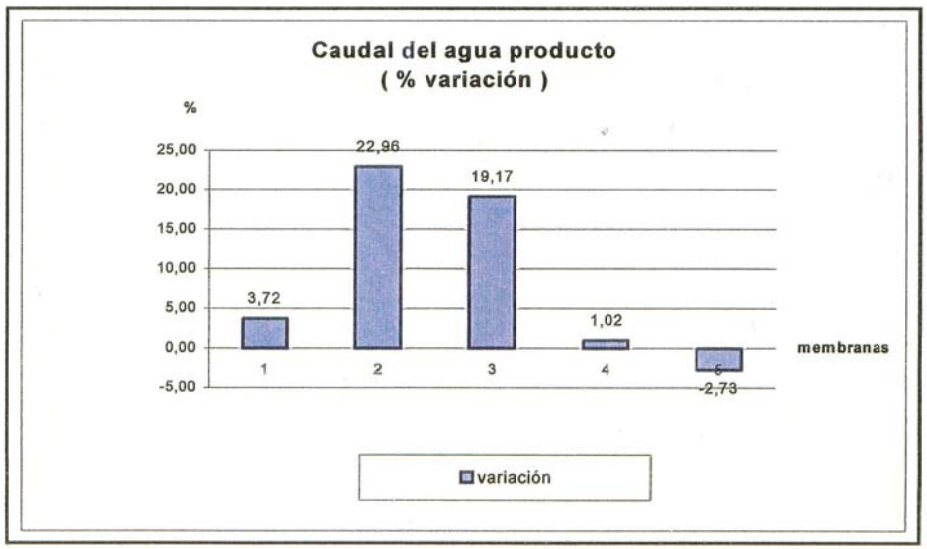
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº 11: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%



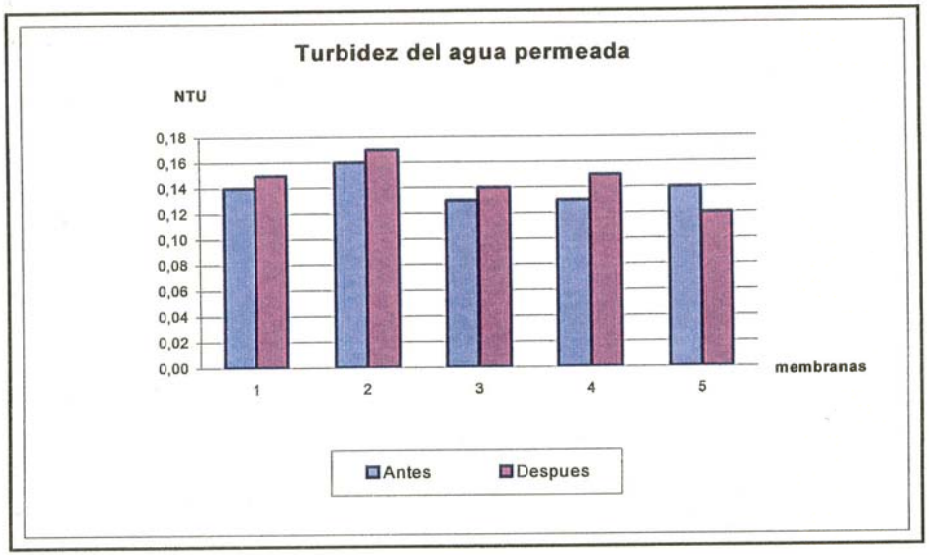



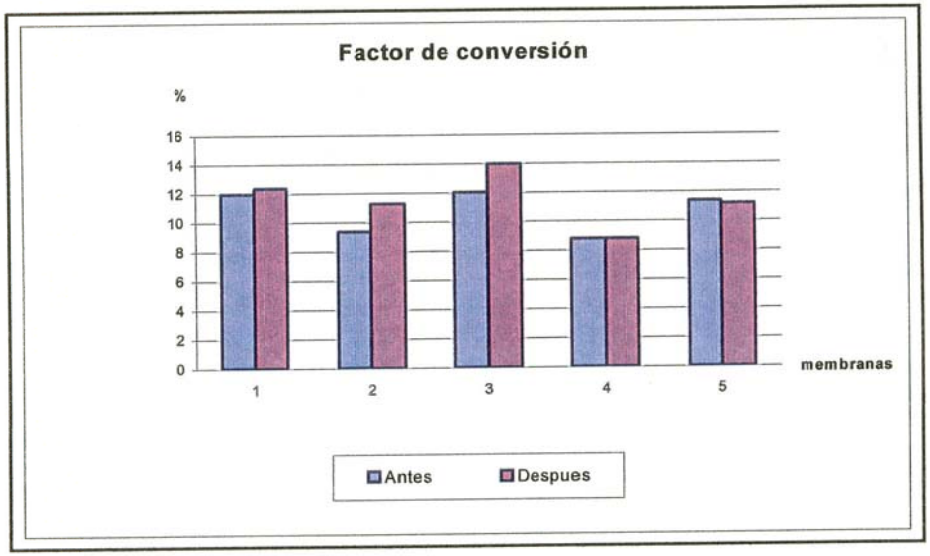



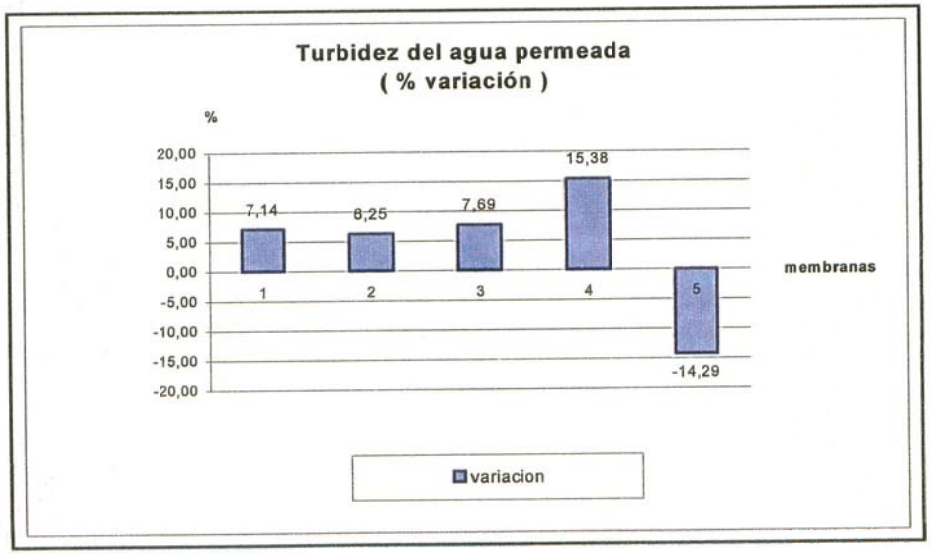



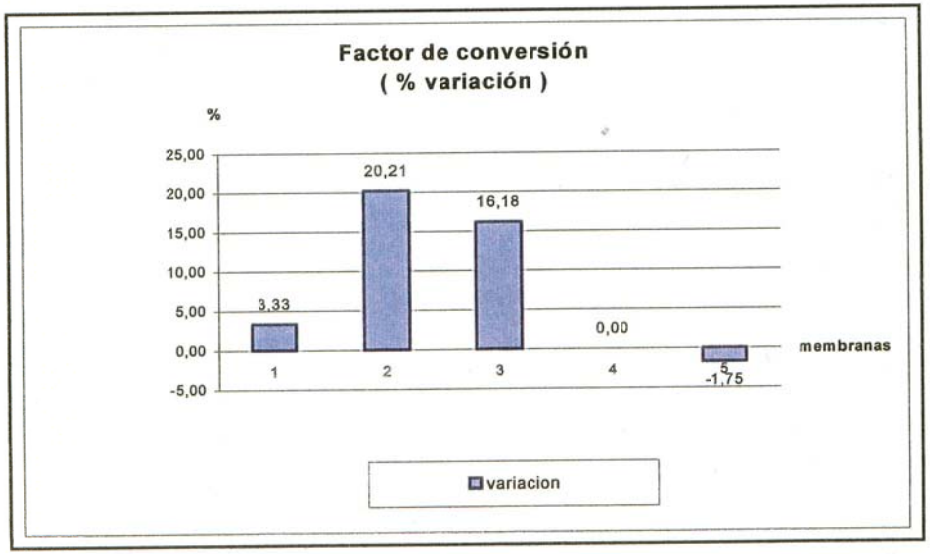

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº 11: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%



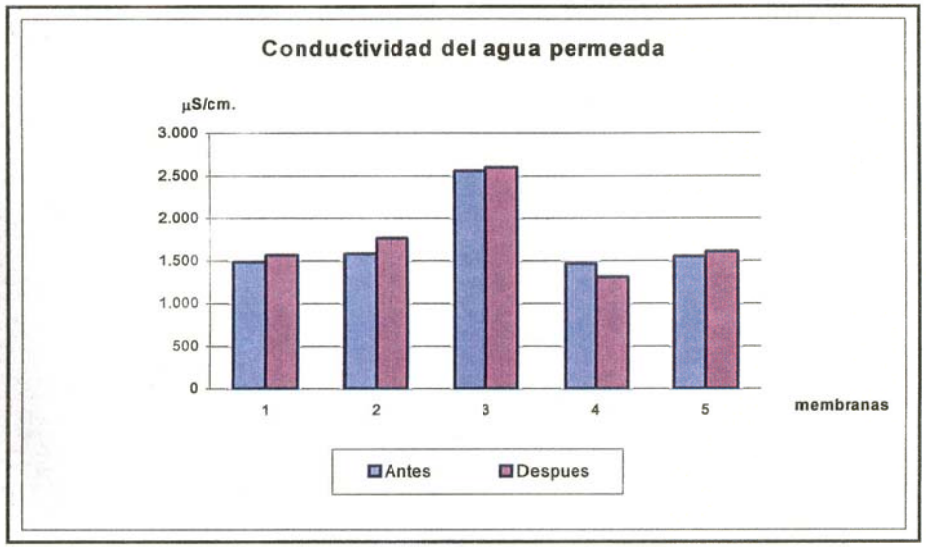



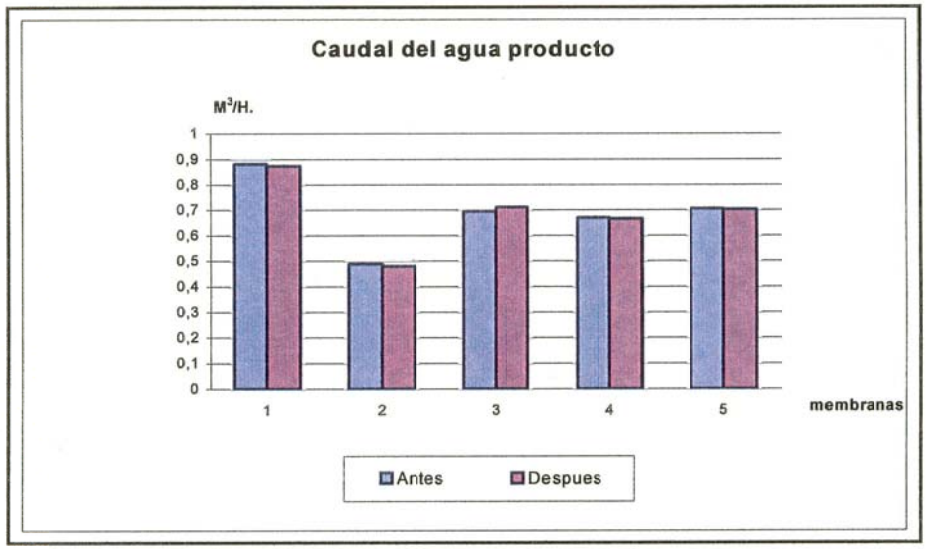

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

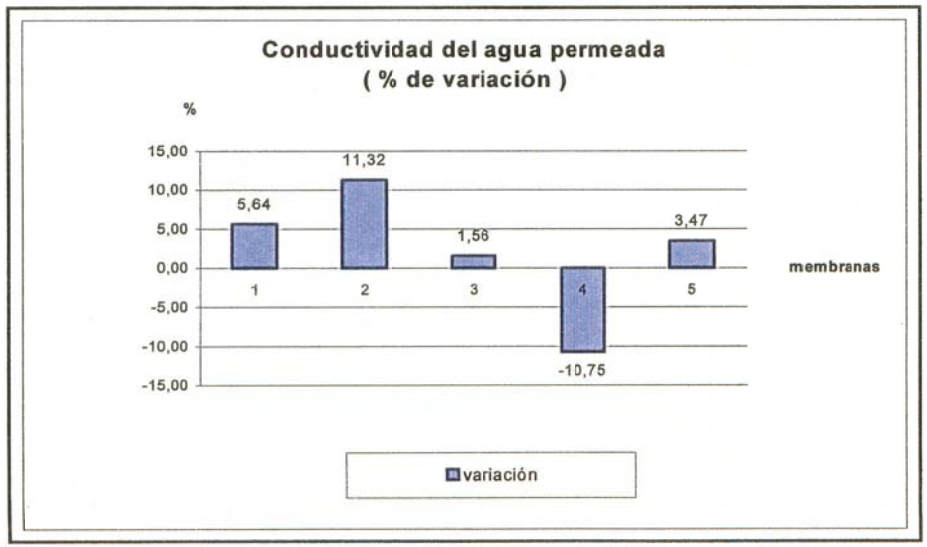
## SOLUCIÓN D: Nº12: Limpieza básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%

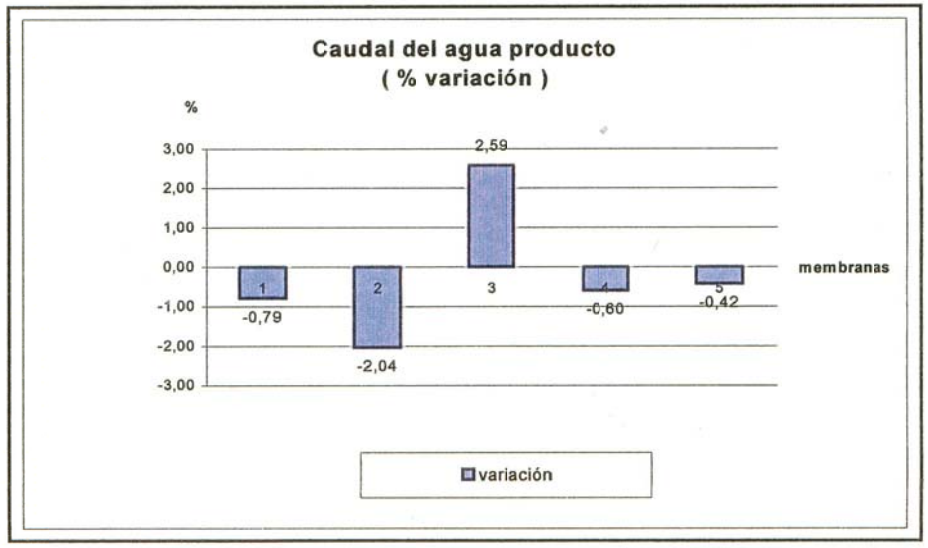
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº 12: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 1%



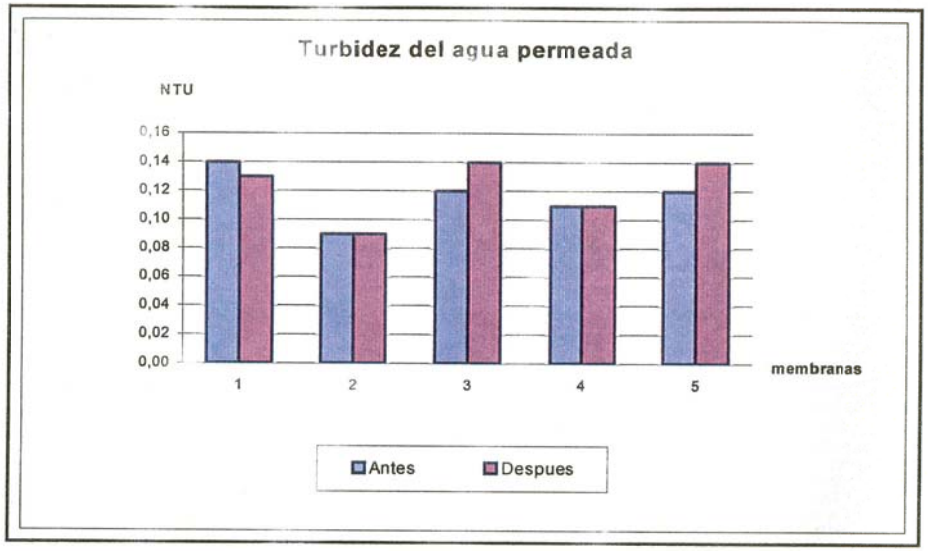



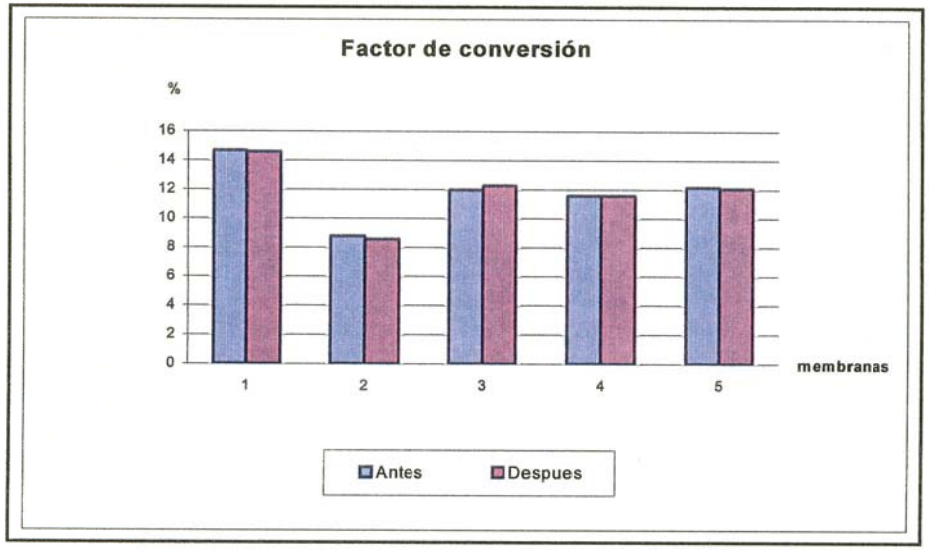



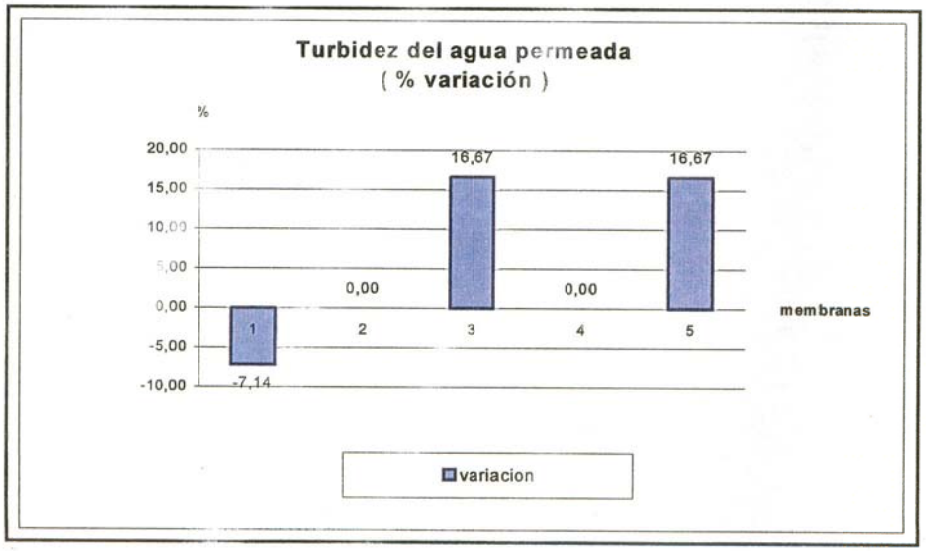



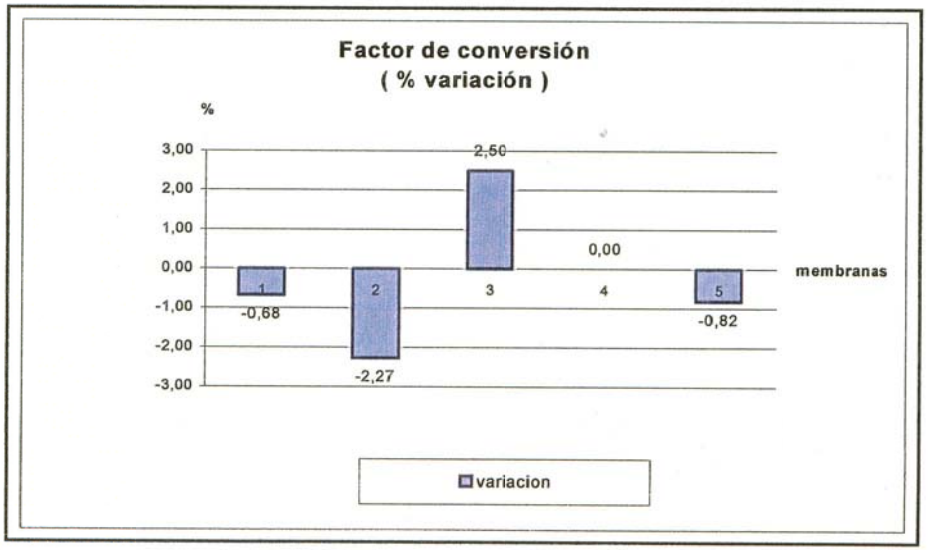

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución D: nº 12: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10 al 1%



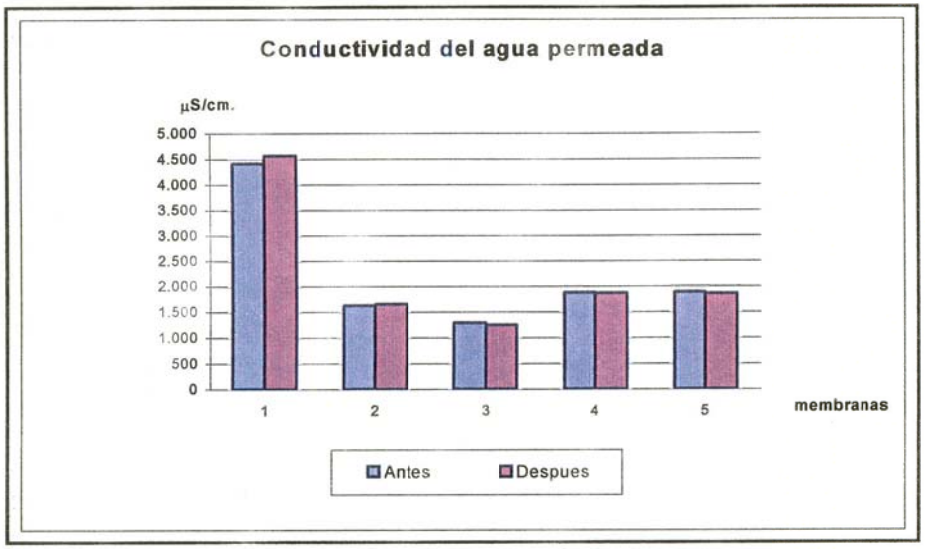



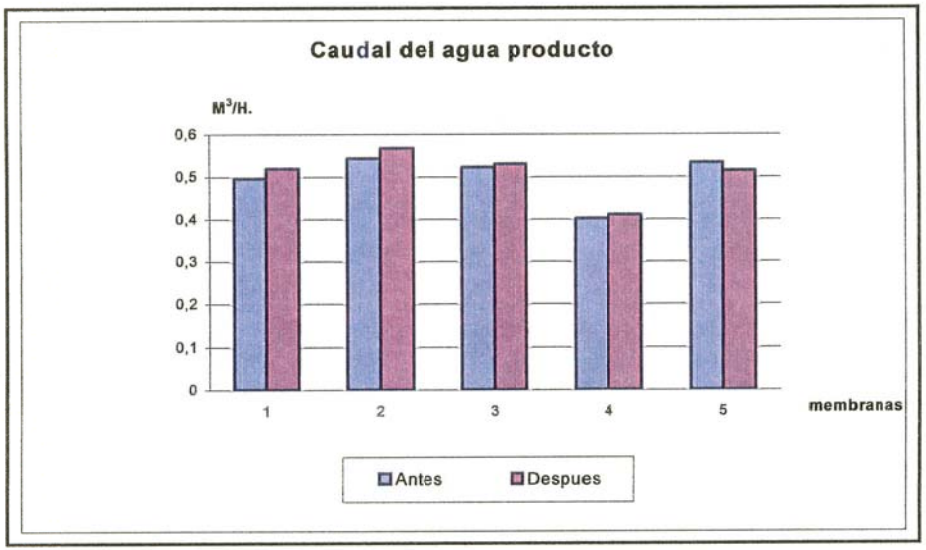

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

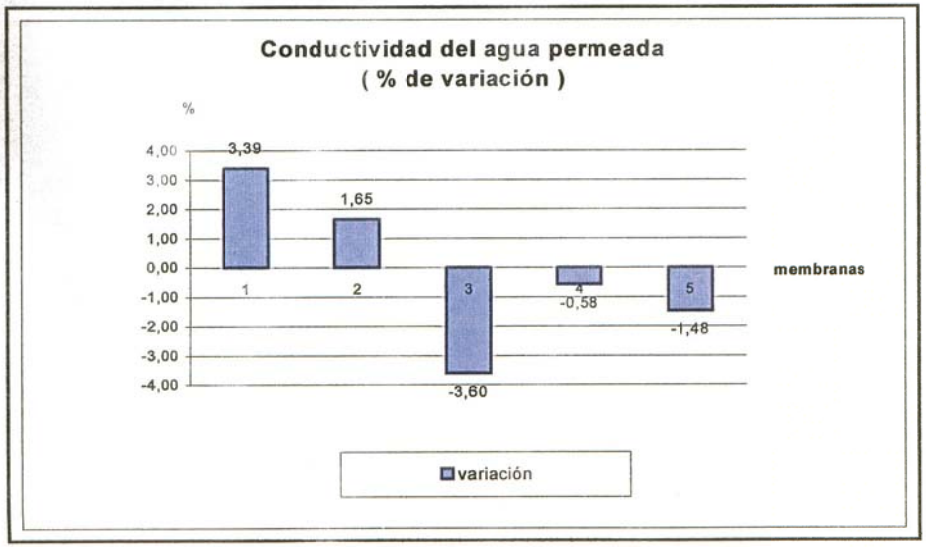
# SOLUCIÓN E: Nº13: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.5%

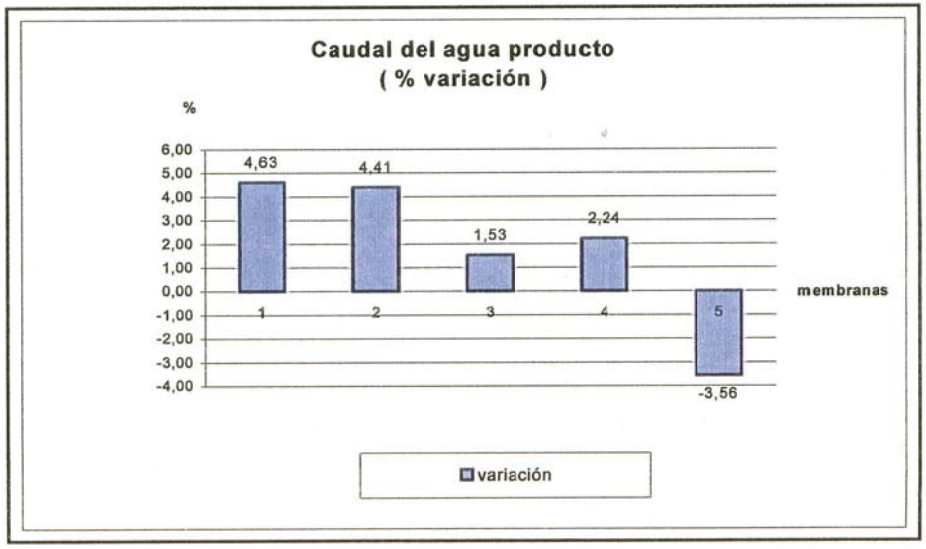
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 13: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.5%



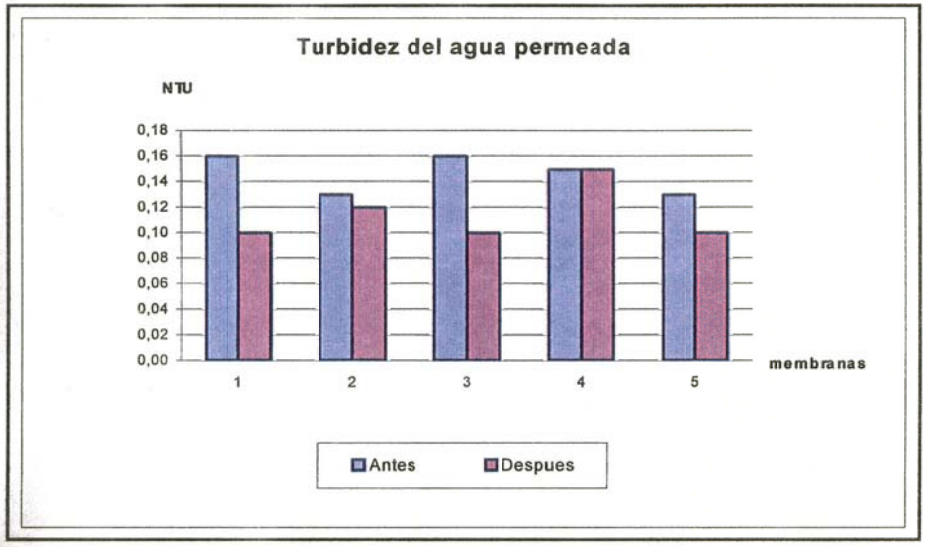



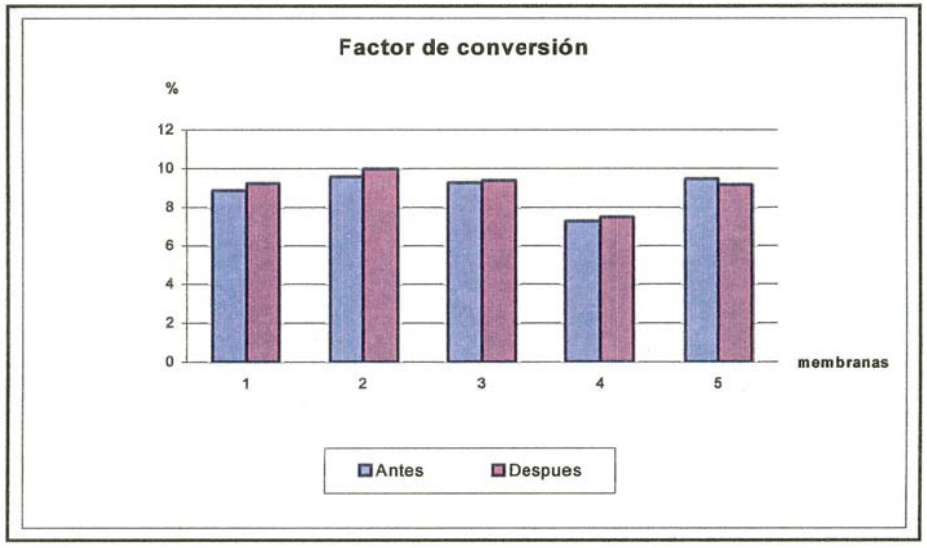



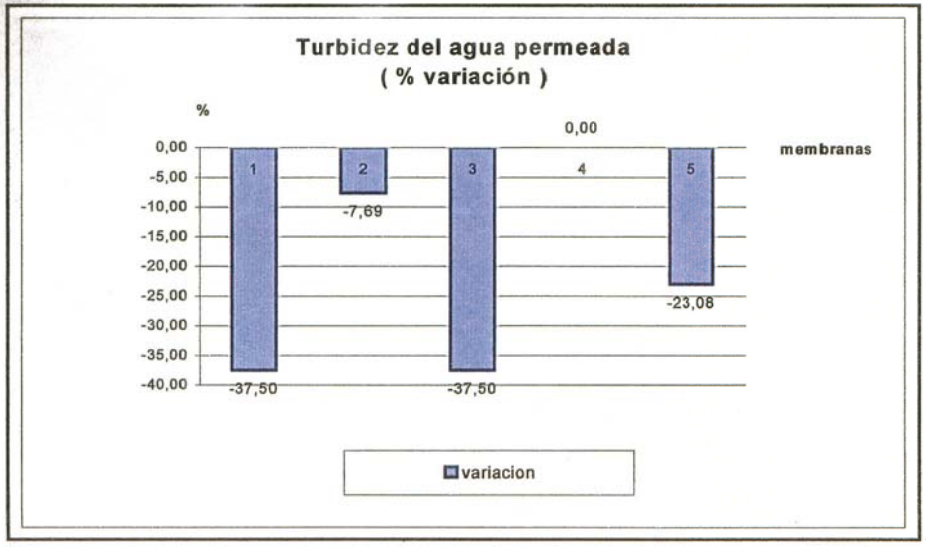



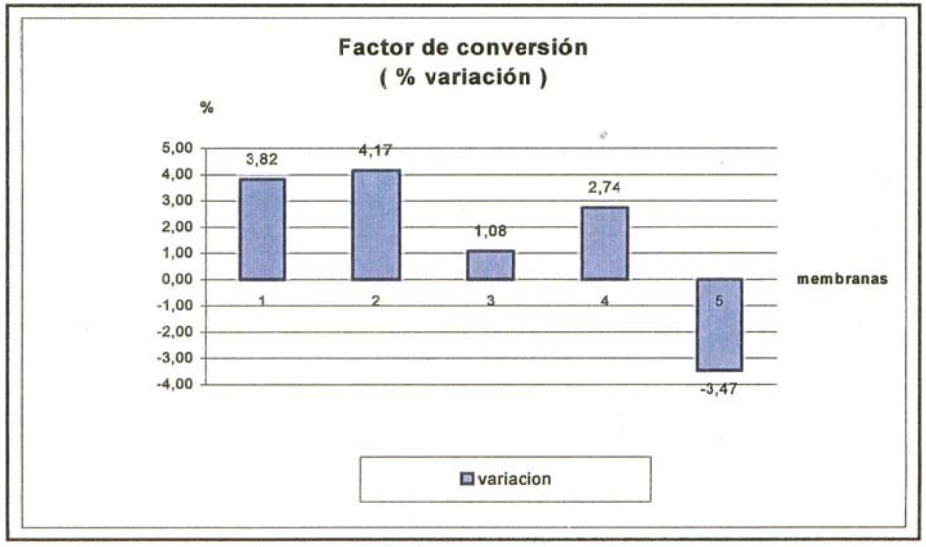

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 13: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.5%



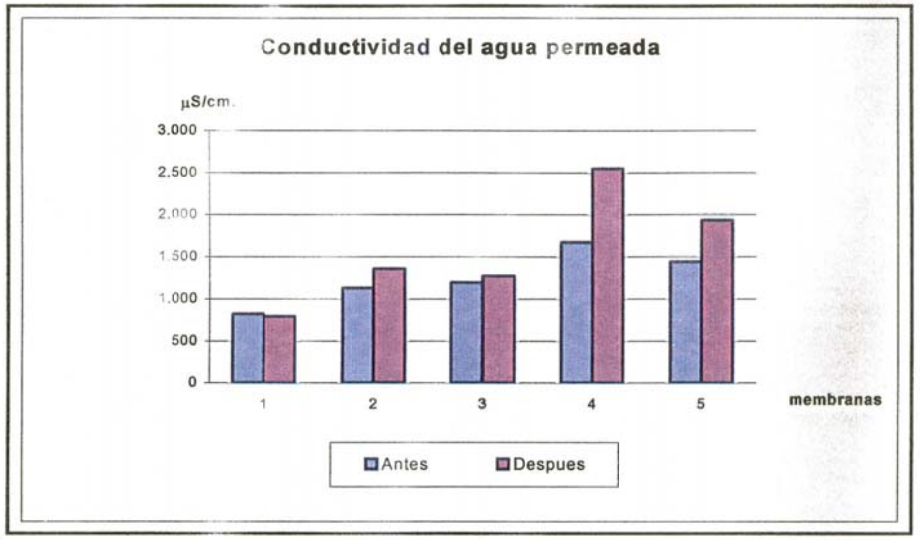



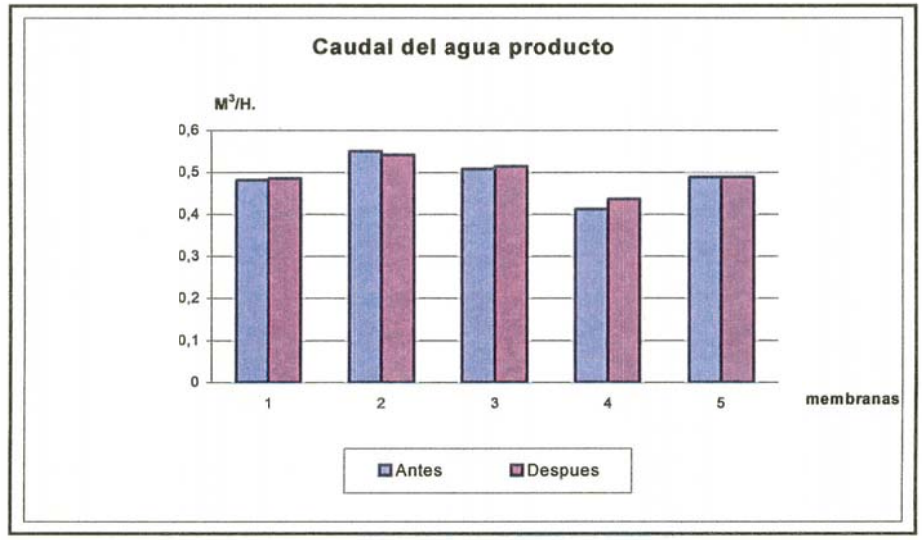

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

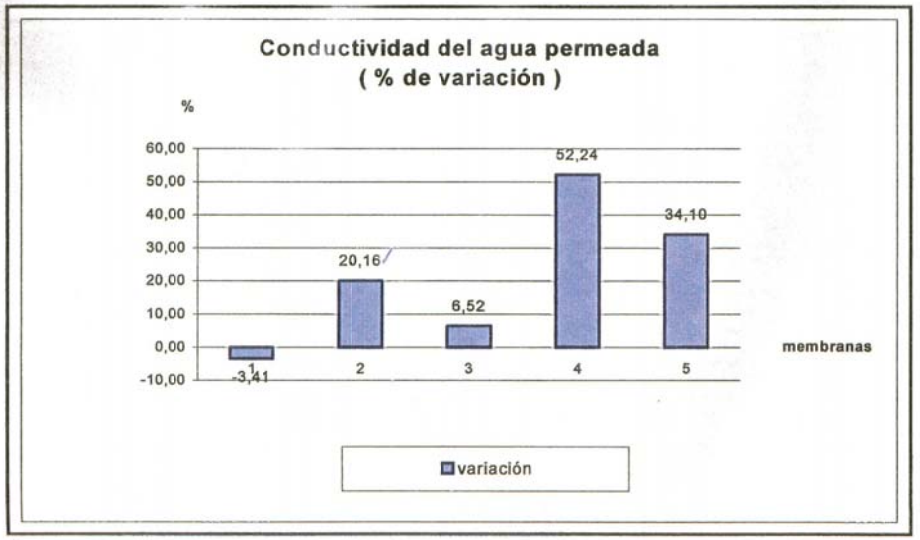
## SOLUCIÓN E: Nº14: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.8%

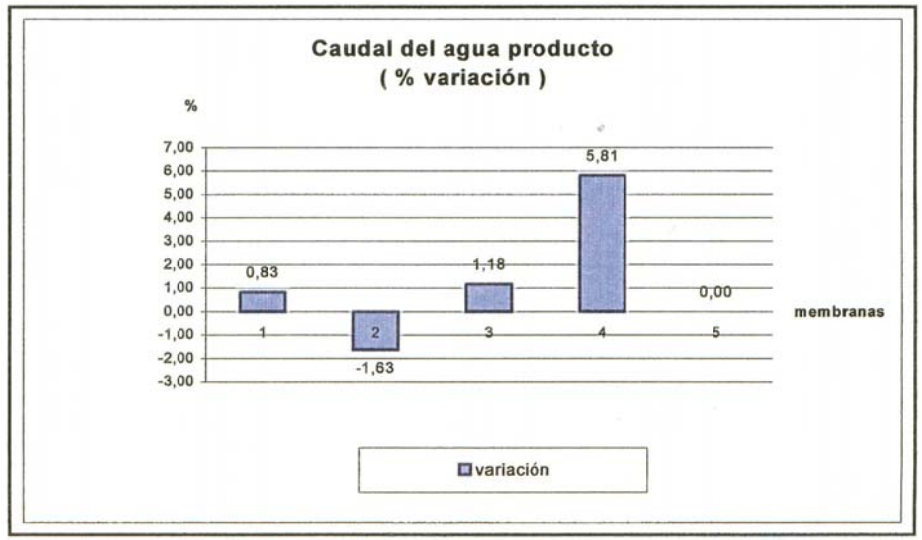
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 14: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.8%



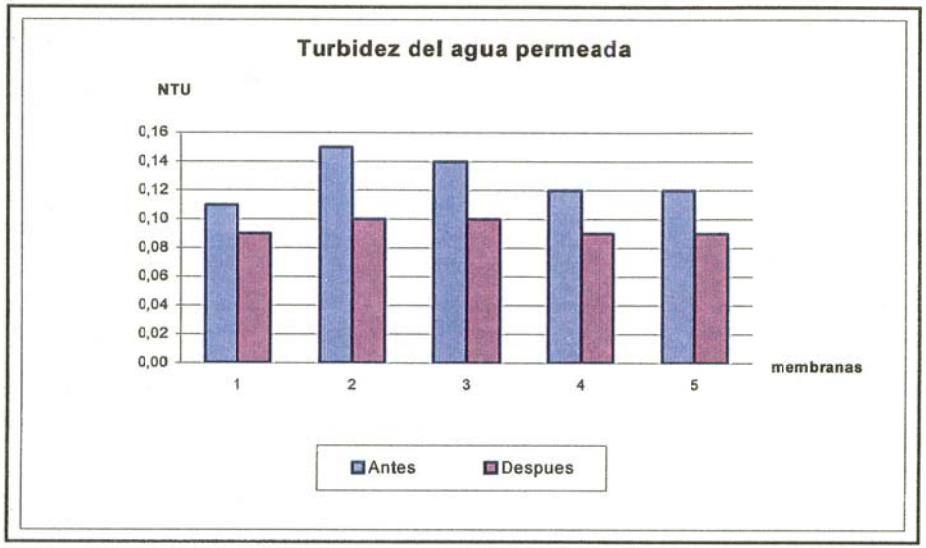



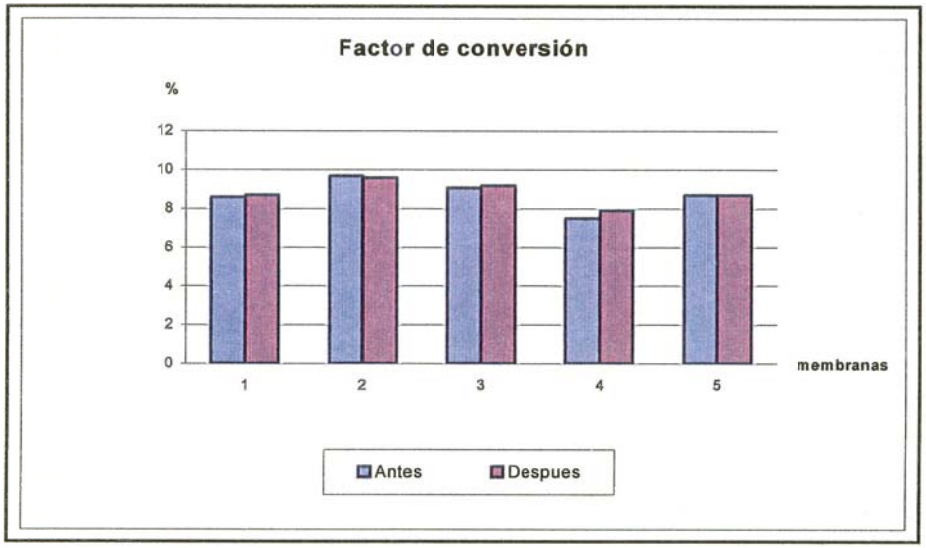



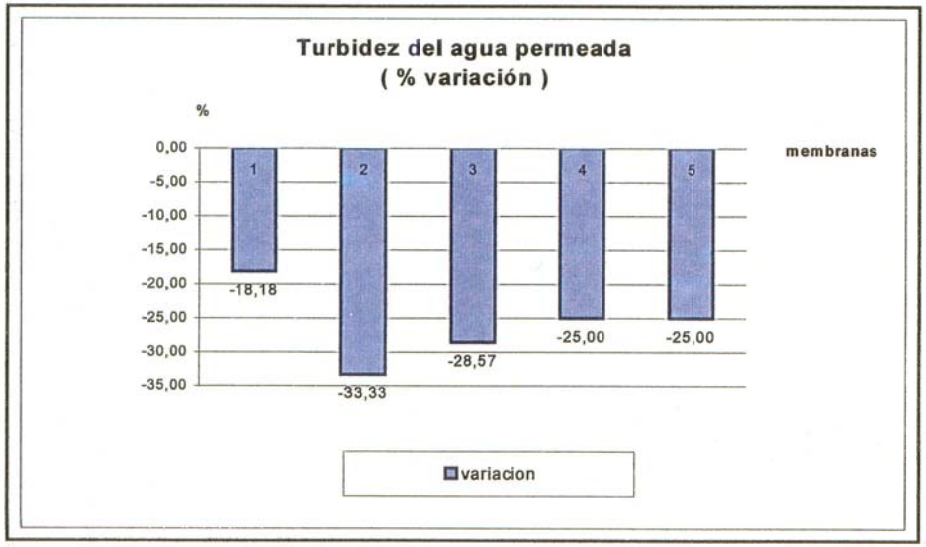



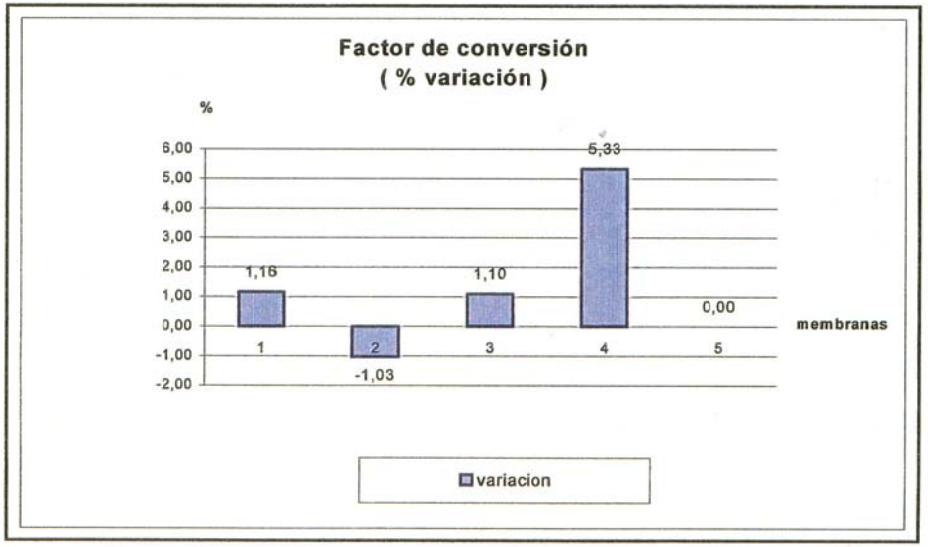

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 14: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 0.8%



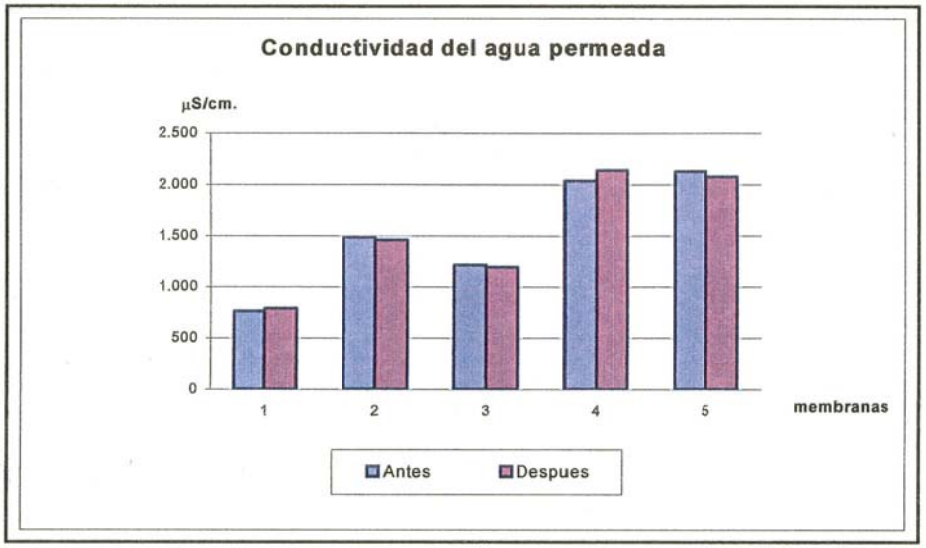



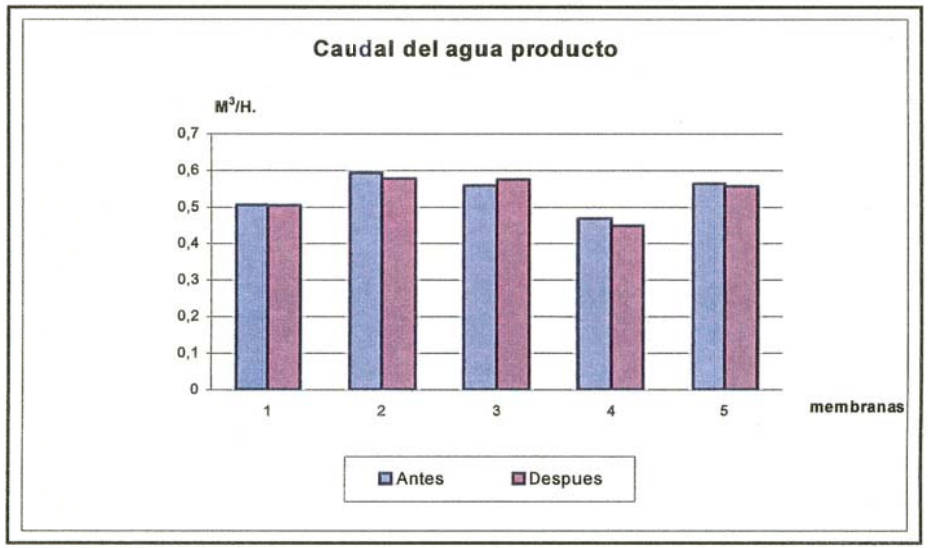

©Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

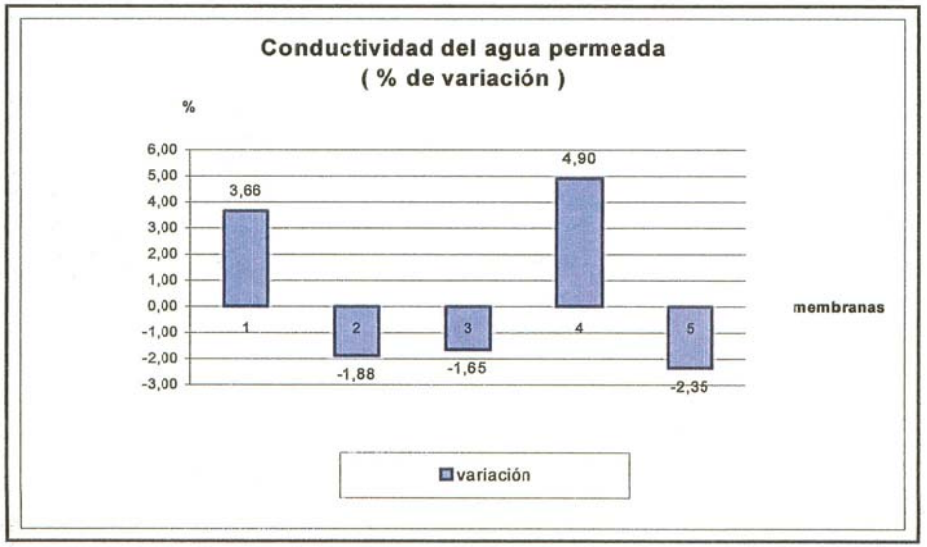
## SOLUCIÓN E: Nº15: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 1.0%

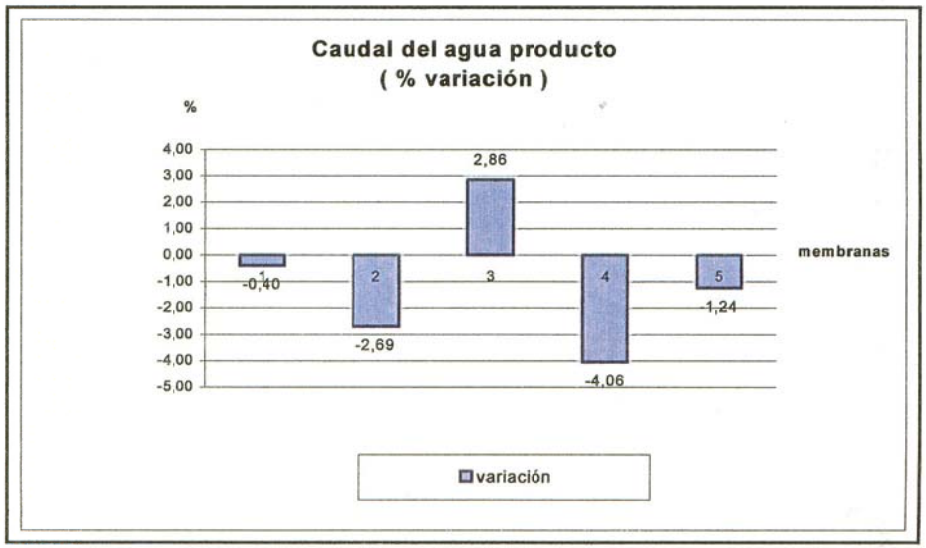
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 15: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 1%



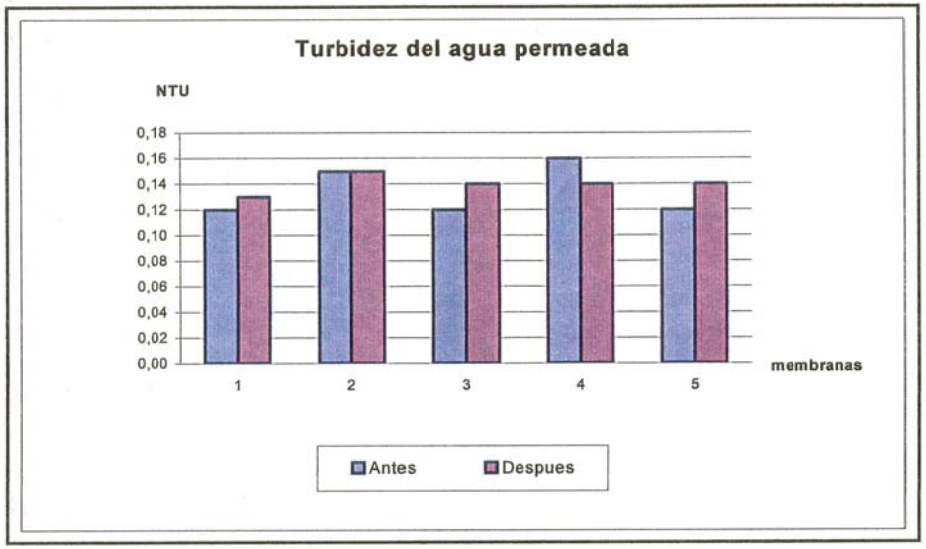



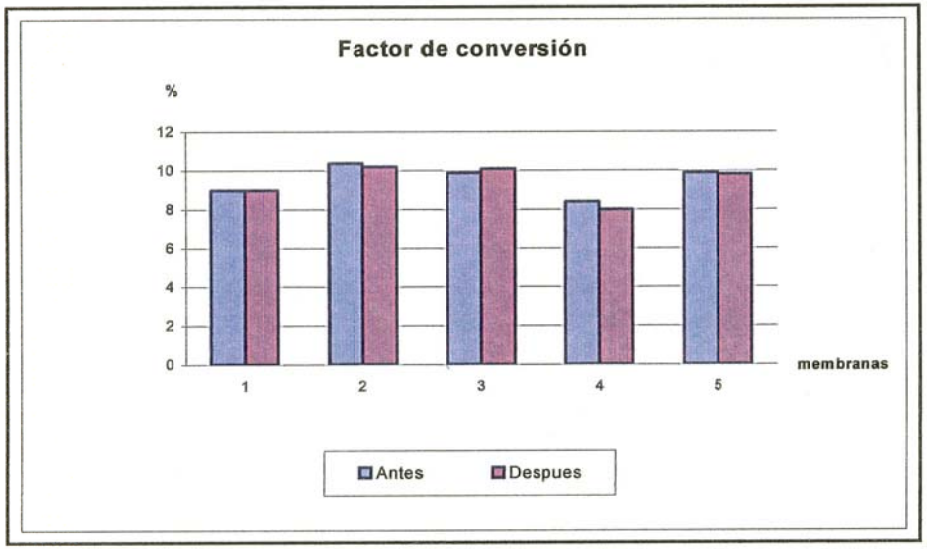



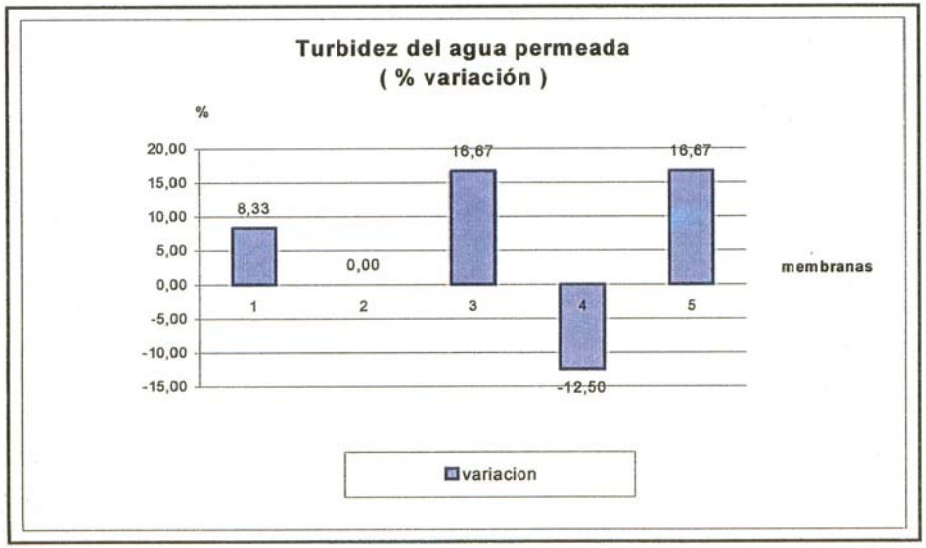



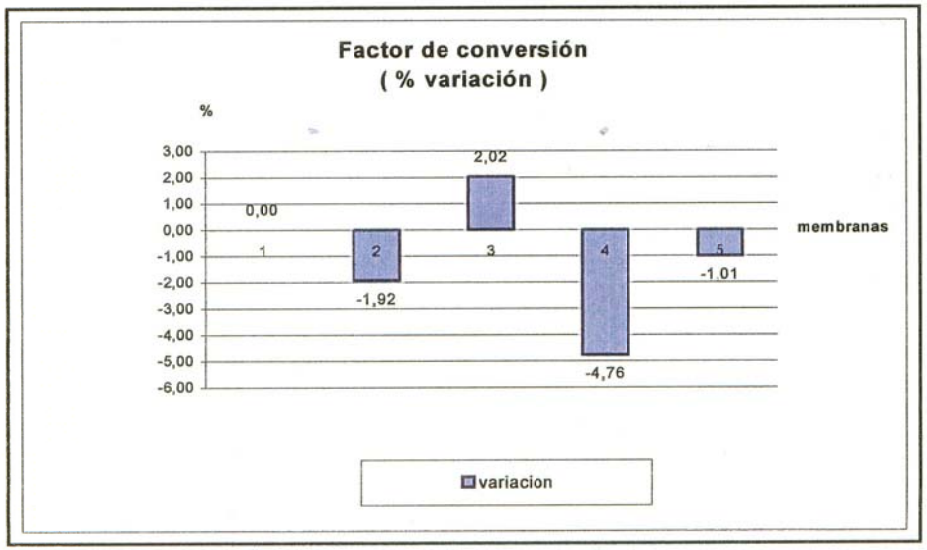

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución E: nº 15: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 al 1%



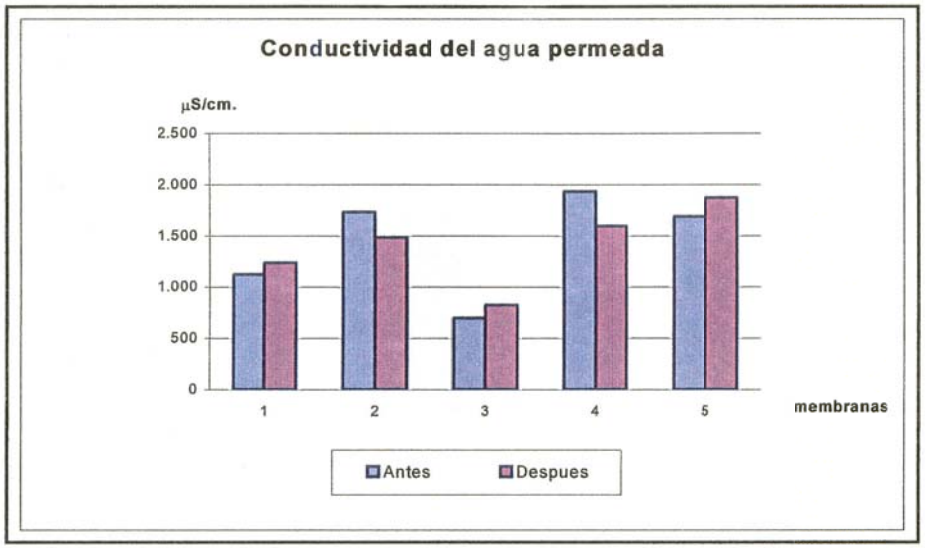



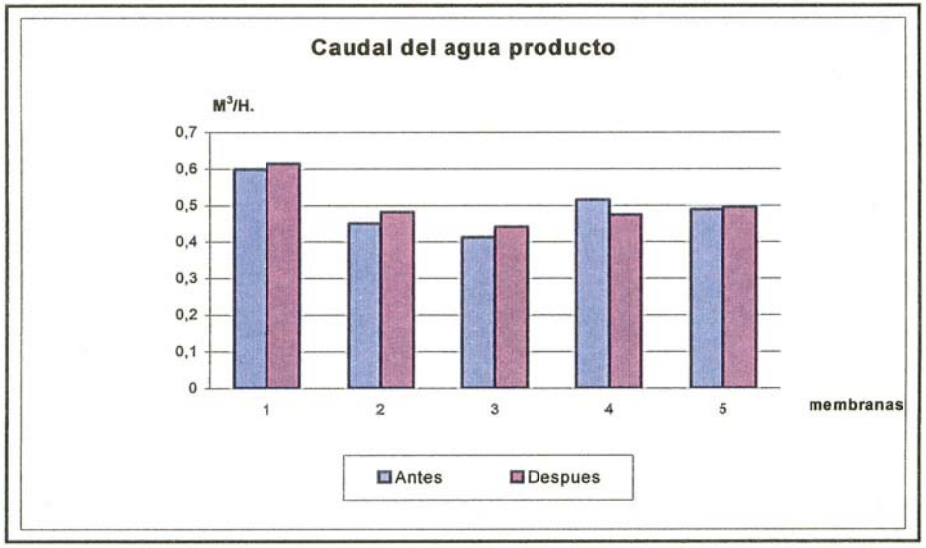

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

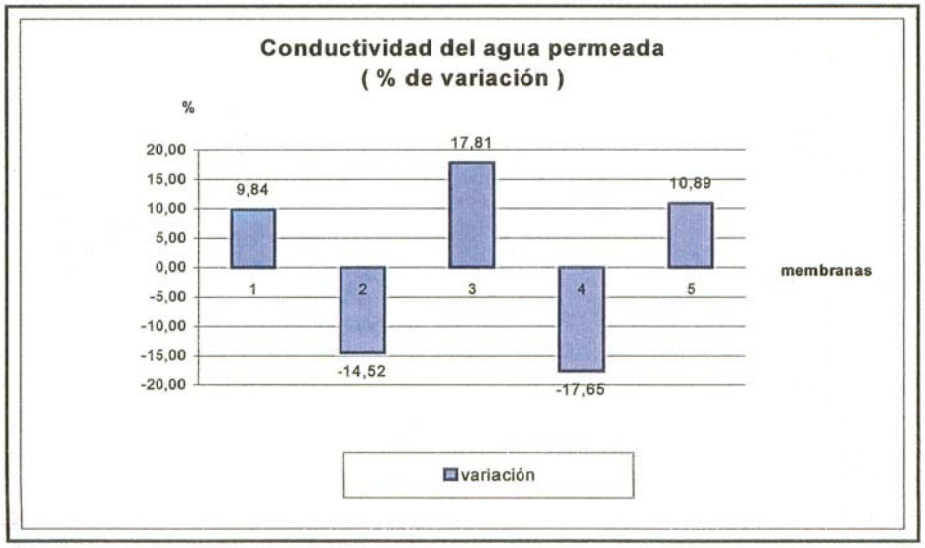
## SOLUCIÓN F: Nº16: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%

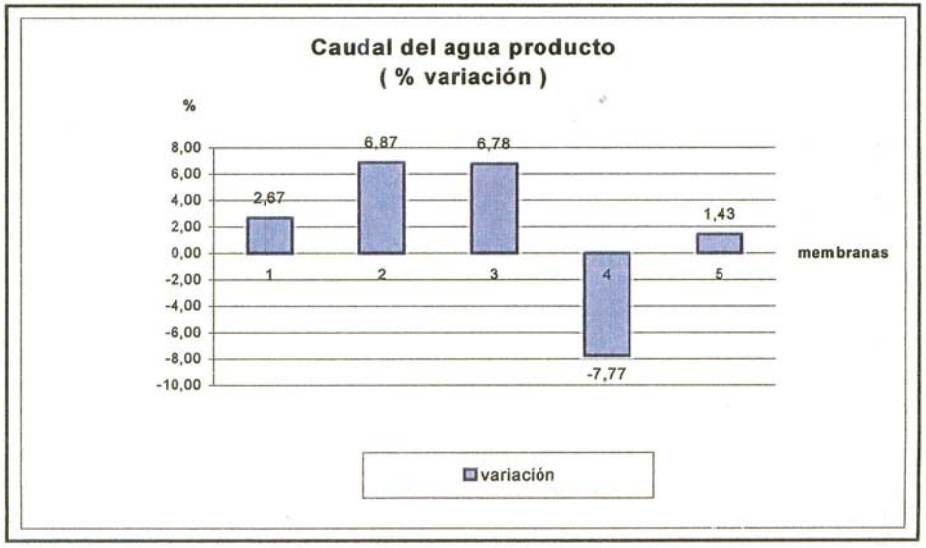
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F: nº 16: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%**



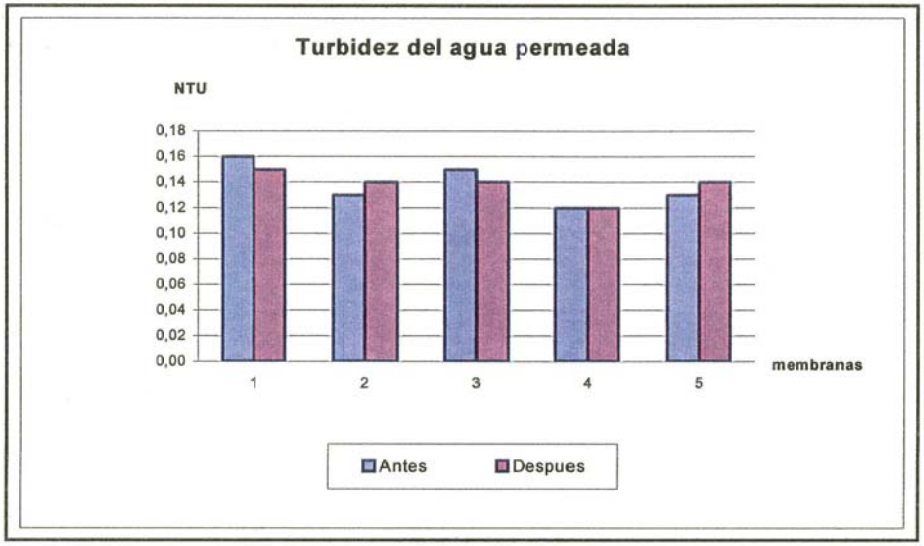



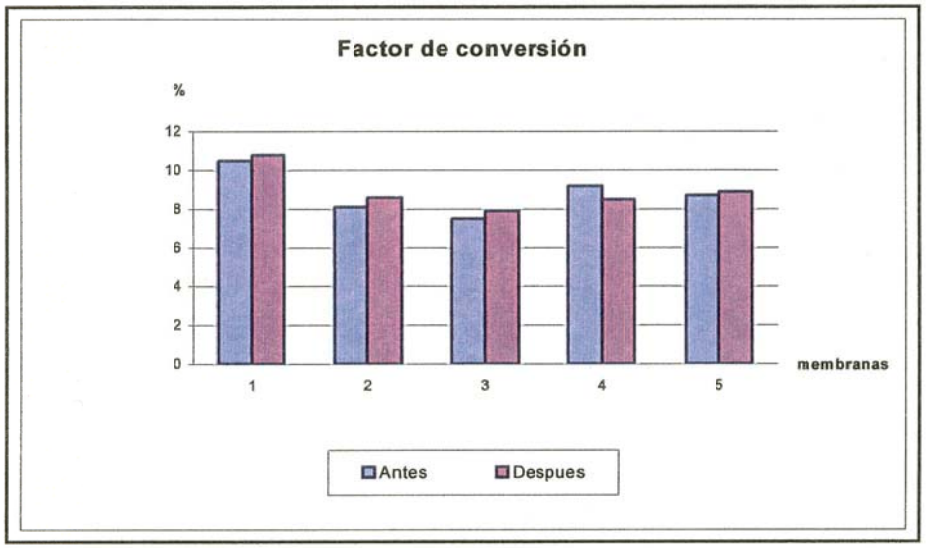



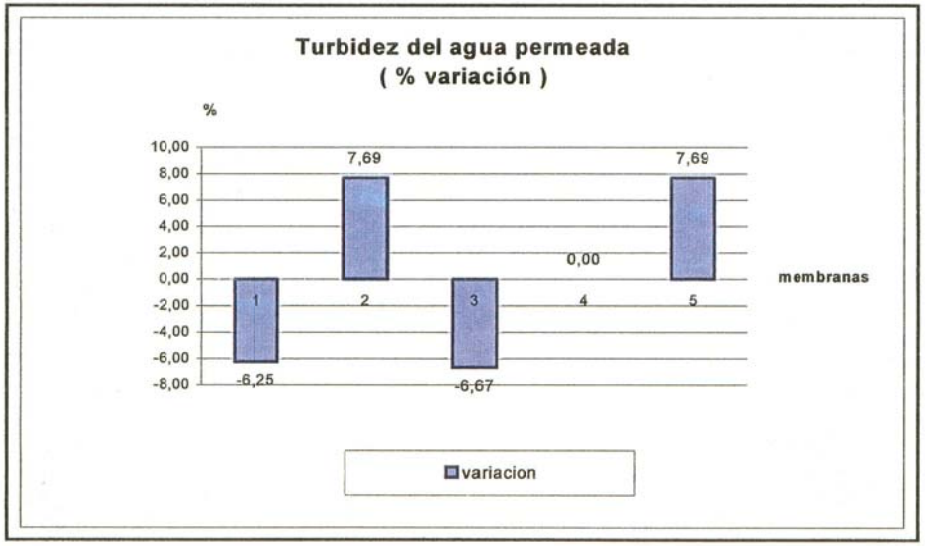



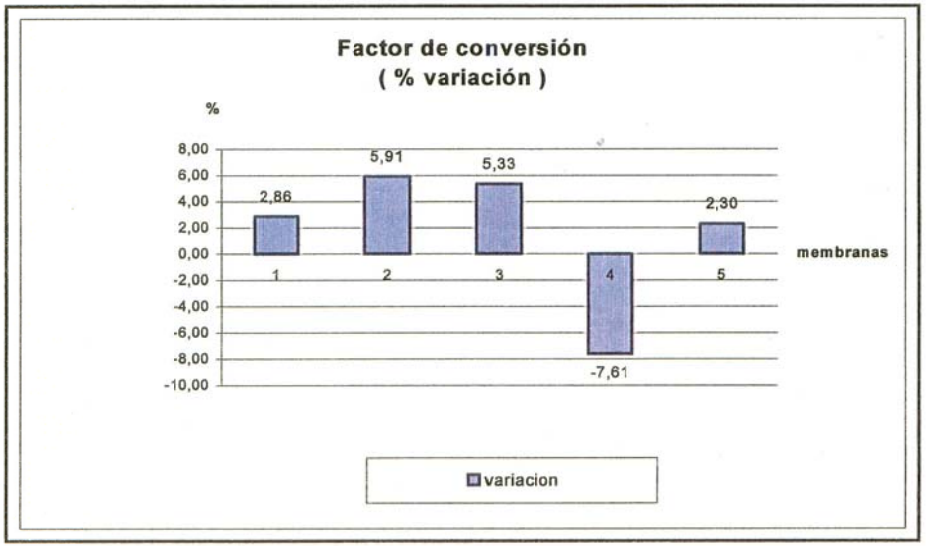

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F: nº 16: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.5%**



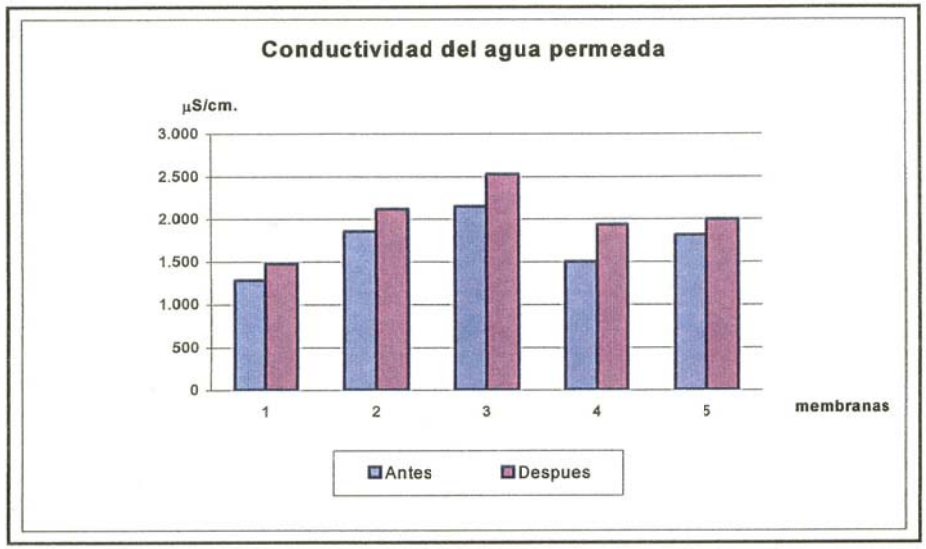



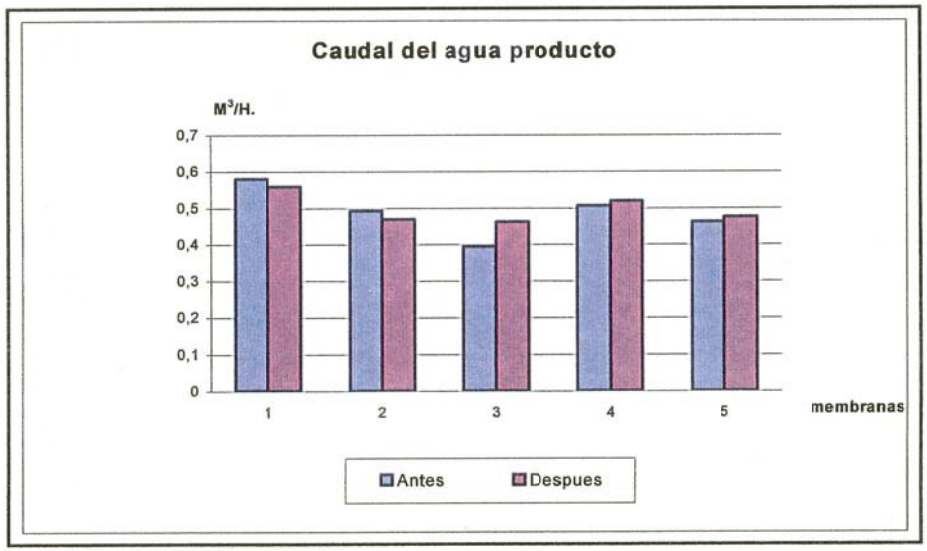

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

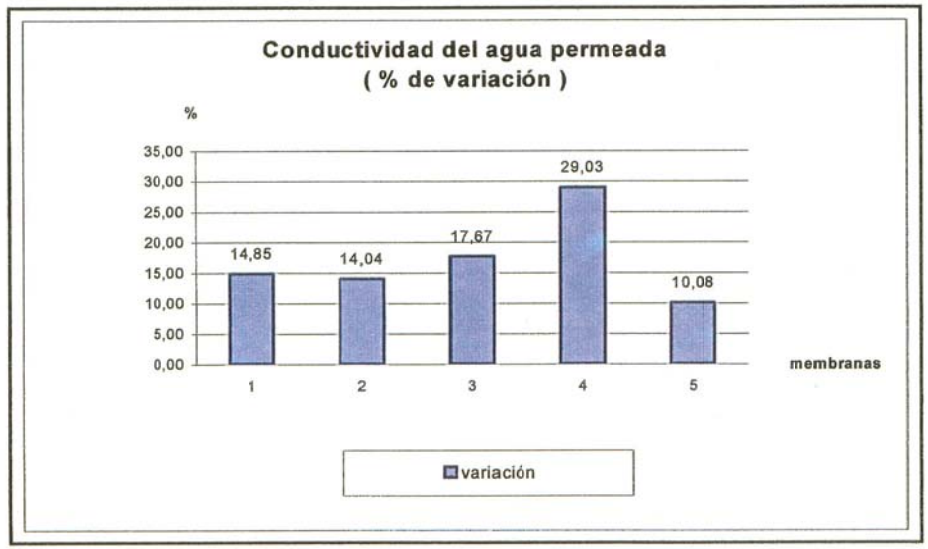
## SOLUCIÓN F: Nº17: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%

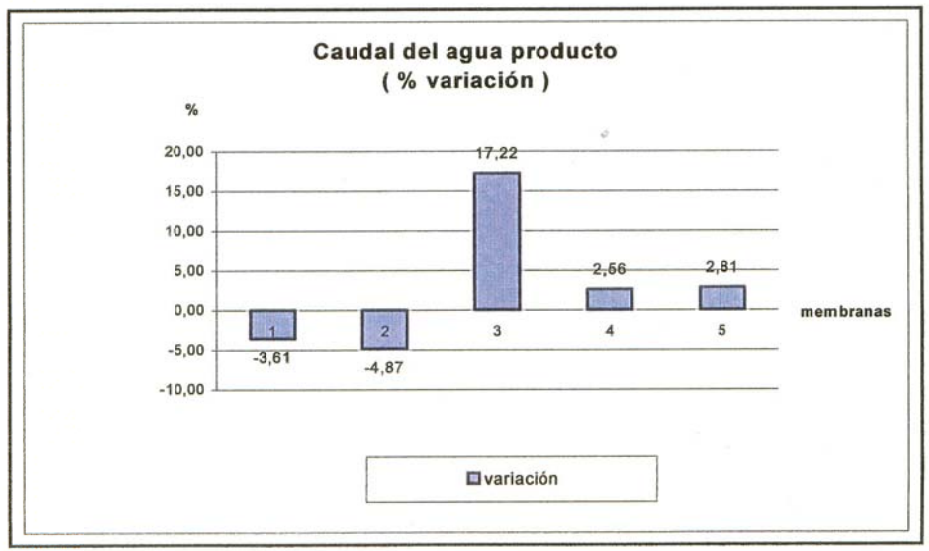
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución F: nº 17: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%



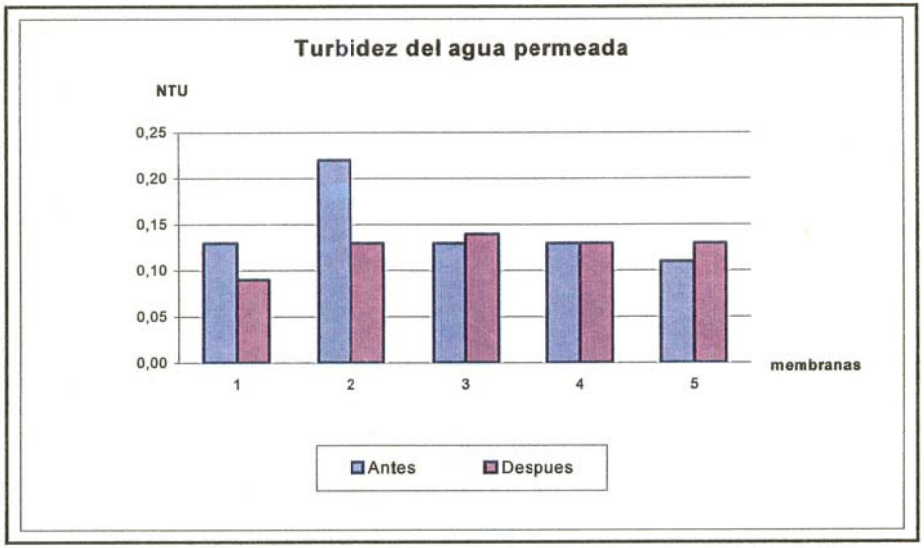



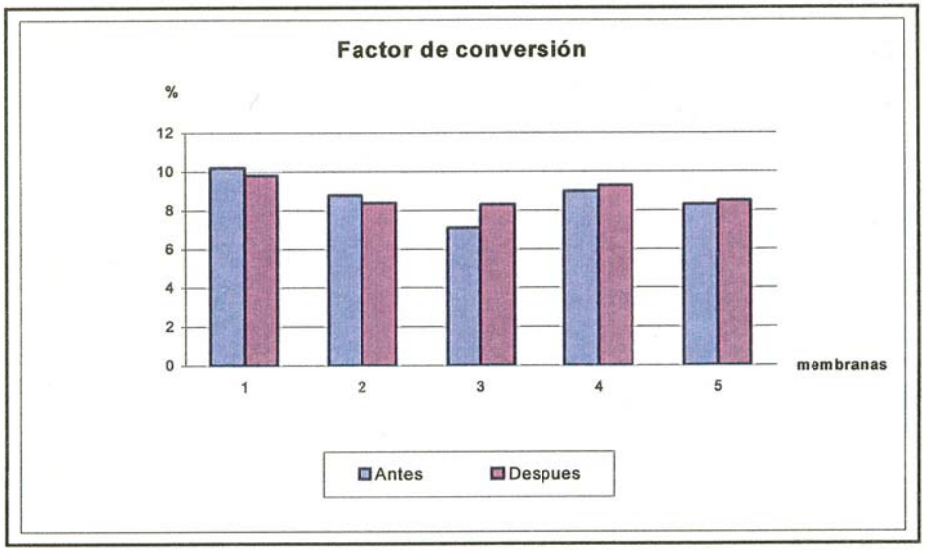



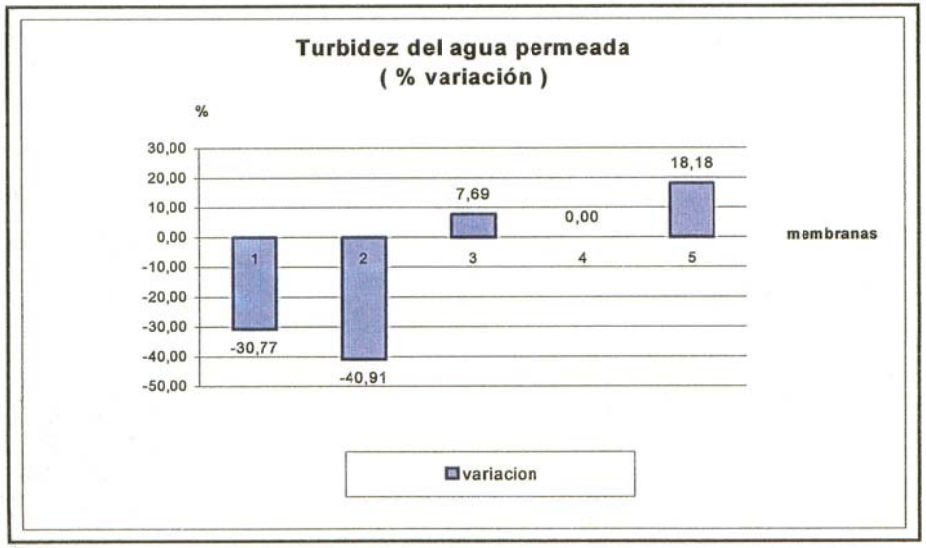



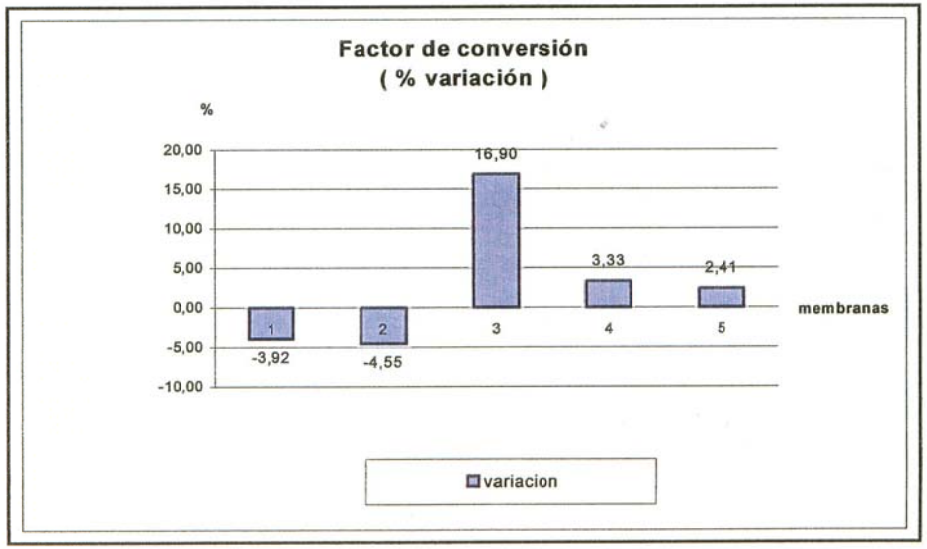

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución F: nº 17: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 0.8%**



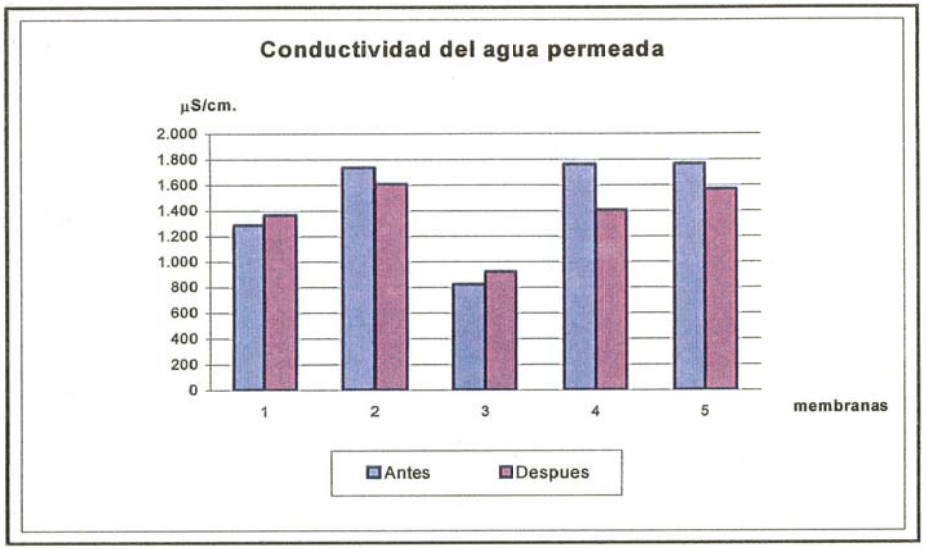



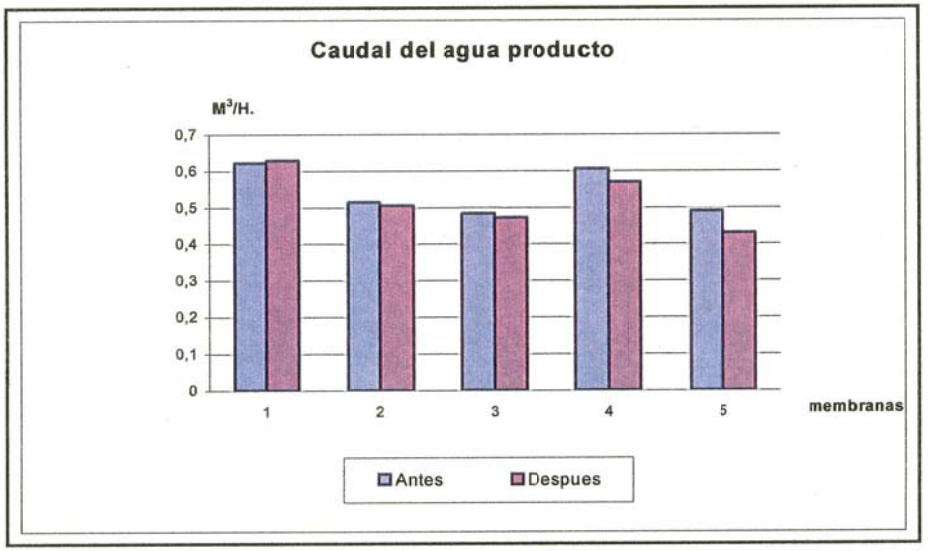

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

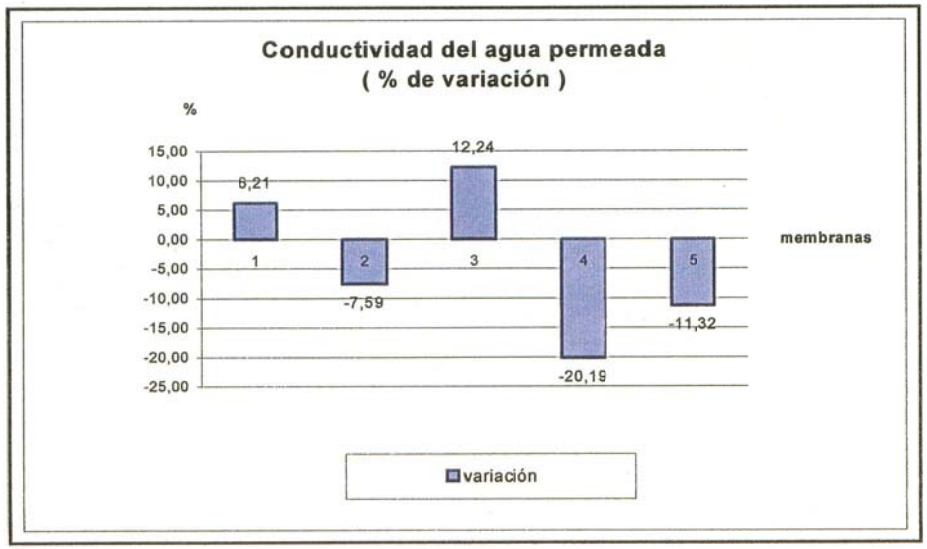
## SOLUCIÓN F: Nº18: Limpieza en dos etapas, ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1.0%

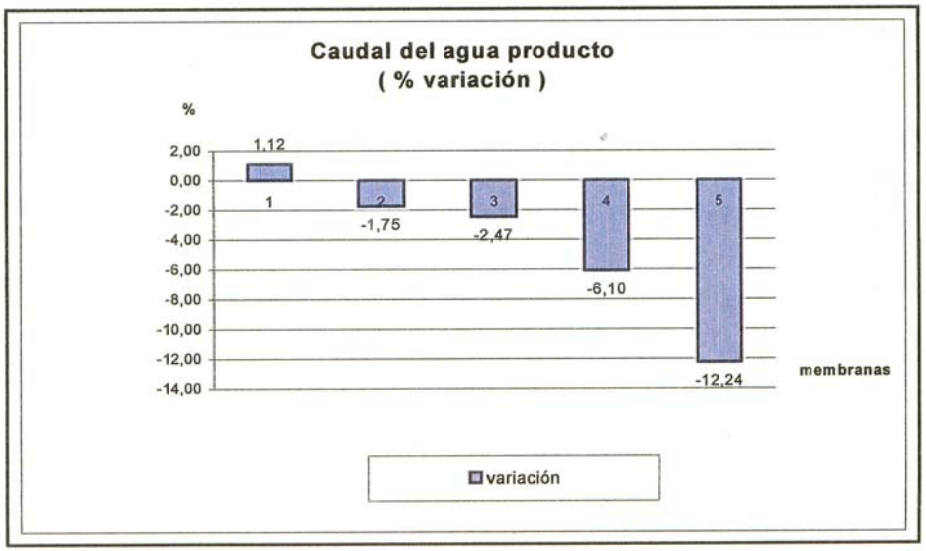
© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución F: nº 18: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1%



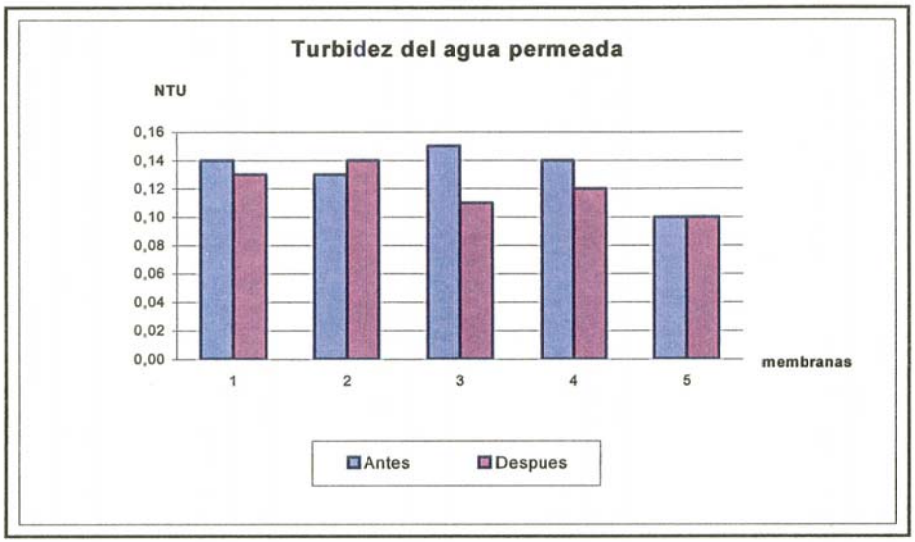



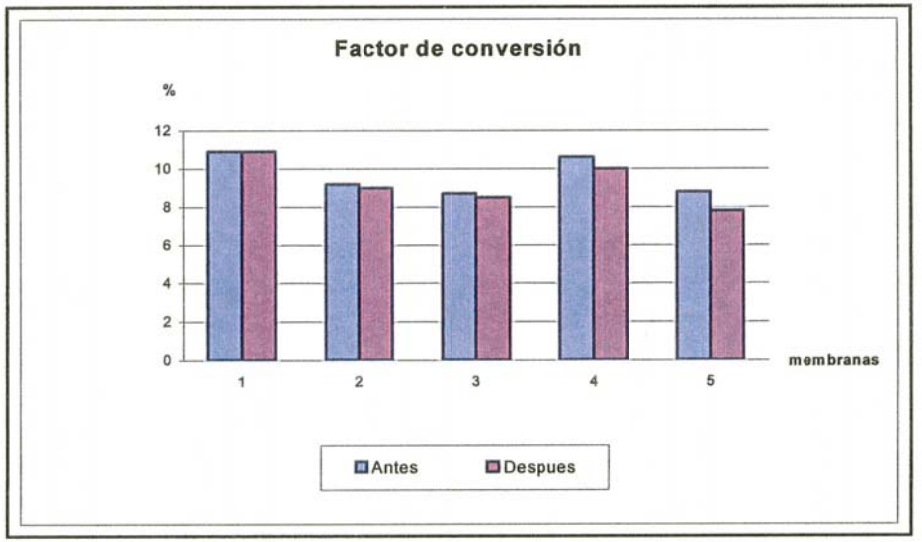



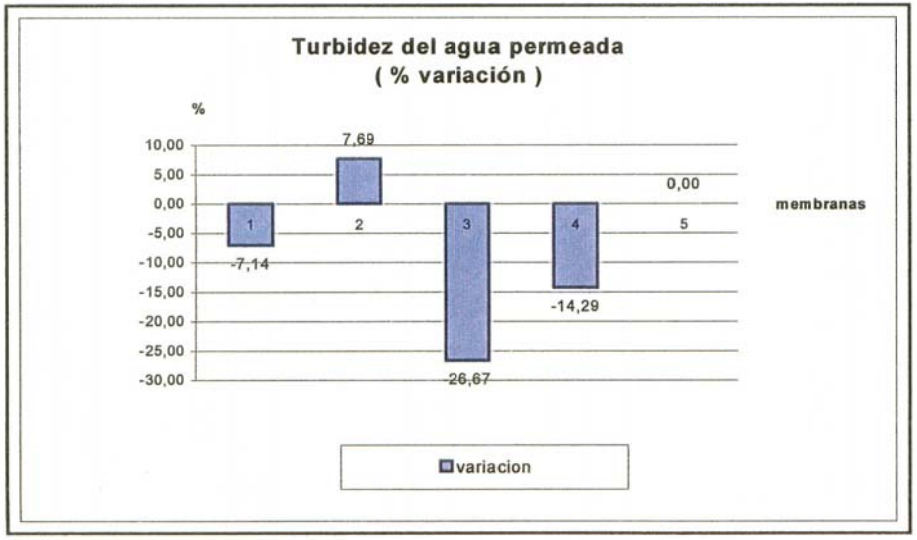



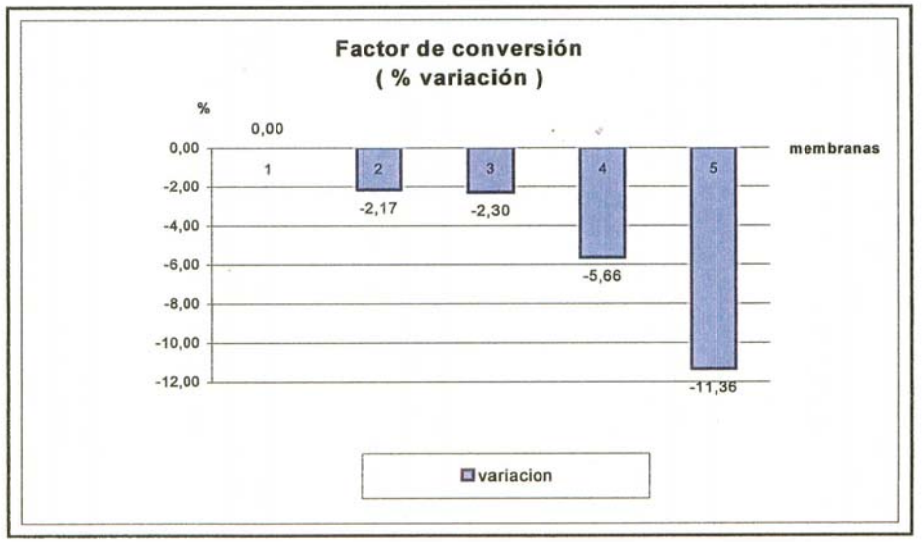

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución F: nº18: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10 al 1%




© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# Anexo nº5. Gráficos obtenidos del comportamiento globalizado de los agentes de limpieza frente a la dosificación.

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

# ANEXO Nº 5 : GRÁFICOS OBTENIDOS DEL COMPORTAMIENTO GLOBALIZADO DE LOS AGENTES DE LIMPIEZA FRENTE A LA DOSIFICACIÓN

## INTRODUCCIÓN

En este anexo se adjuntan los seis gráficos relativos a cada una de las seis soluciones de limpieza, ordenadas alfabéticamente, donde se refleja cada parámetro en función de la dosificación.

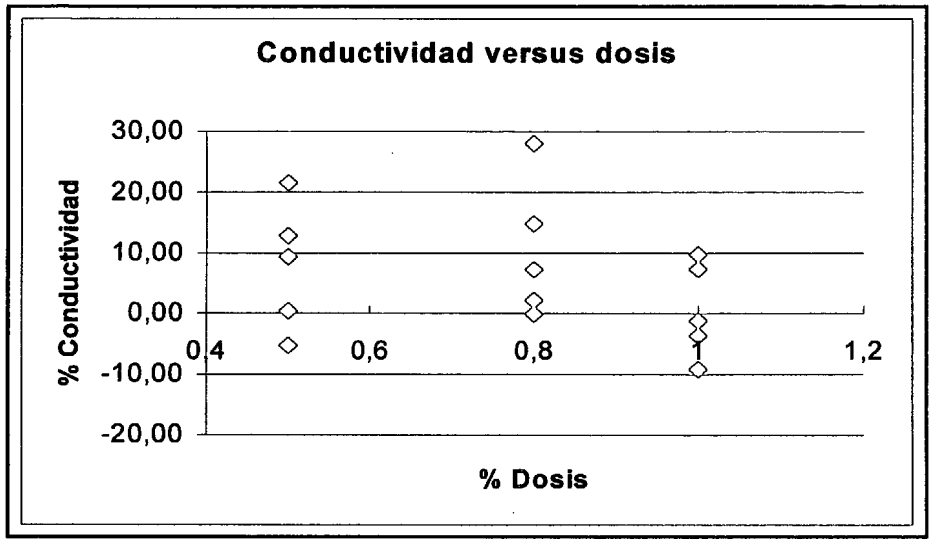
Es importante recordar la nomenclatura utilizada para diferenciar las soluciones de limpieza química y que se detallan en el índice siguiente :

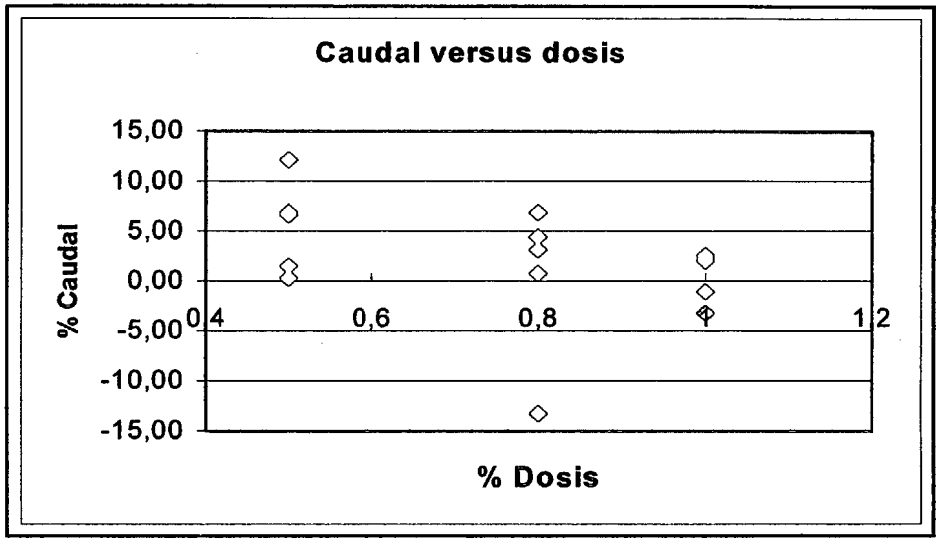
## INDICE

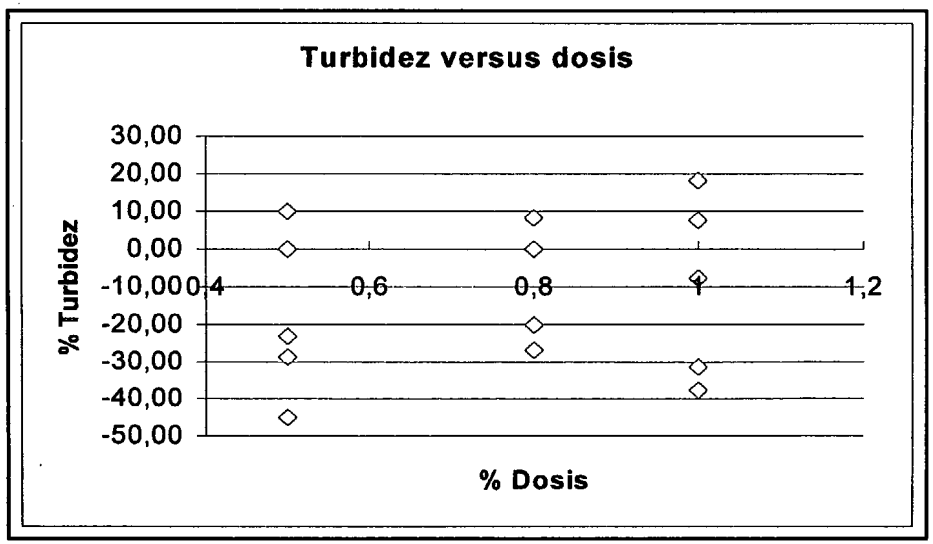
Solución A: limpieza básica con hidróxido sódico.
Solución B: limpieza ácida con ácido clorhídrico.
Solución C: limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa.
Solución D: limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10.
Solución E: limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75.
Solución F: limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10.

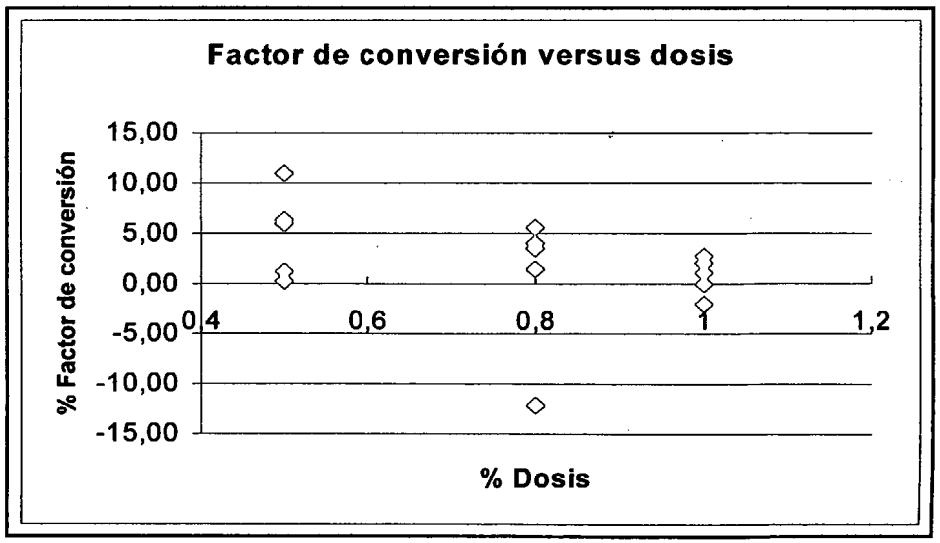
© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución tipo A: Limpieza básica con hidróxido sódico



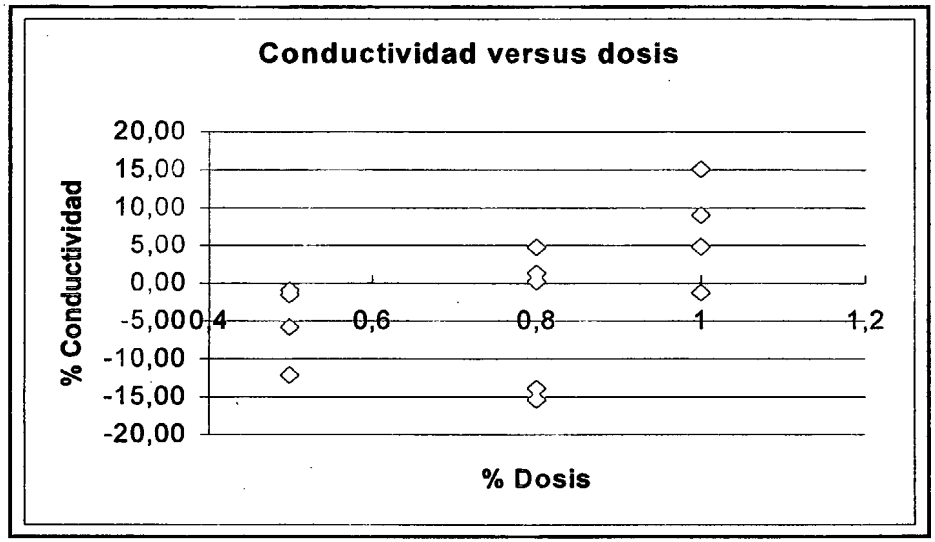



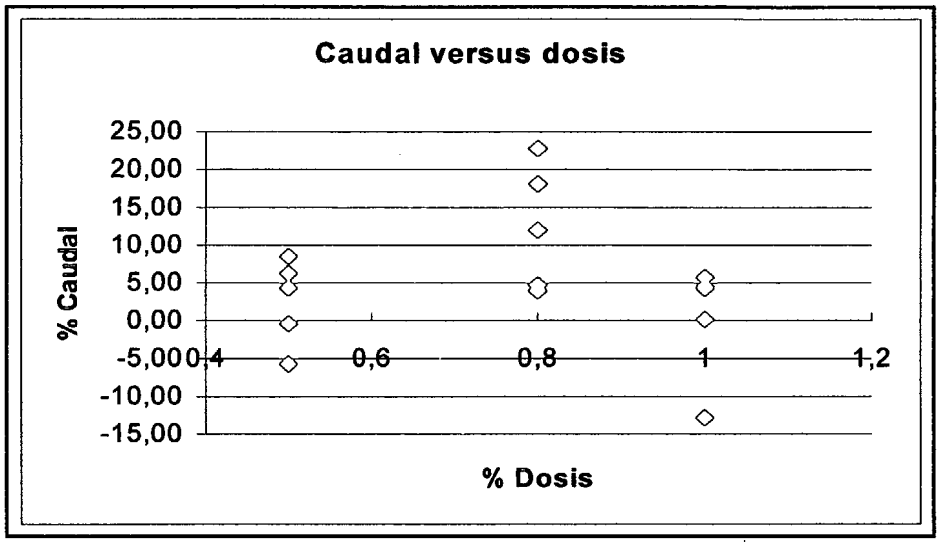



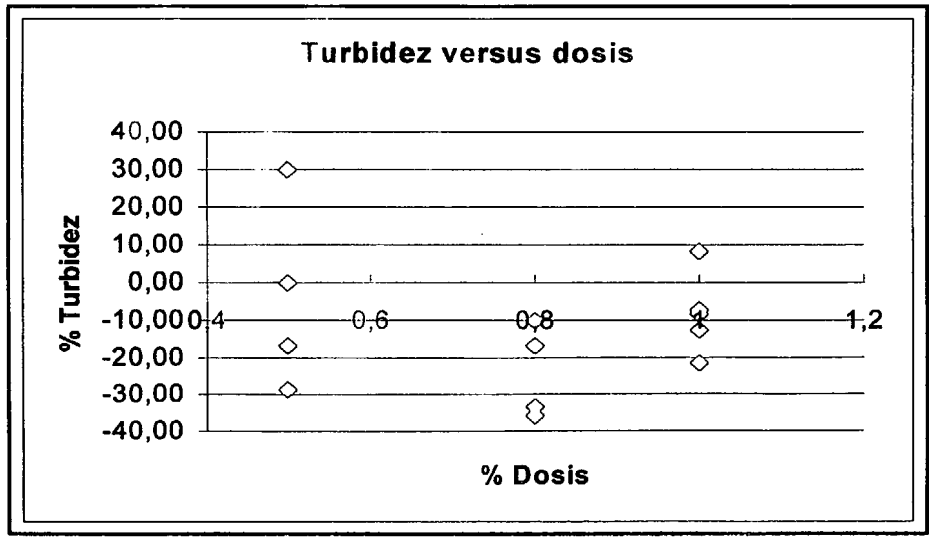



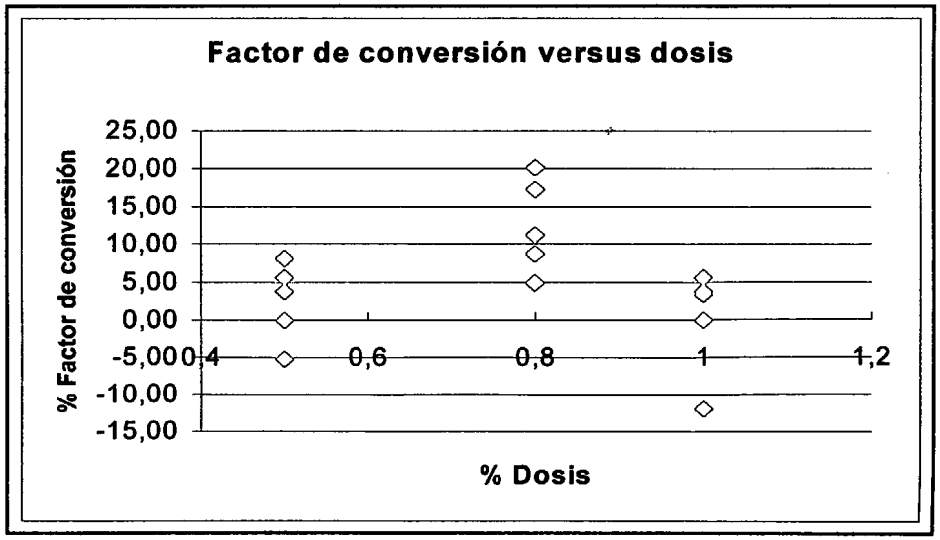

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución tipo B: Limpieza ácida con ácido clorhídrico



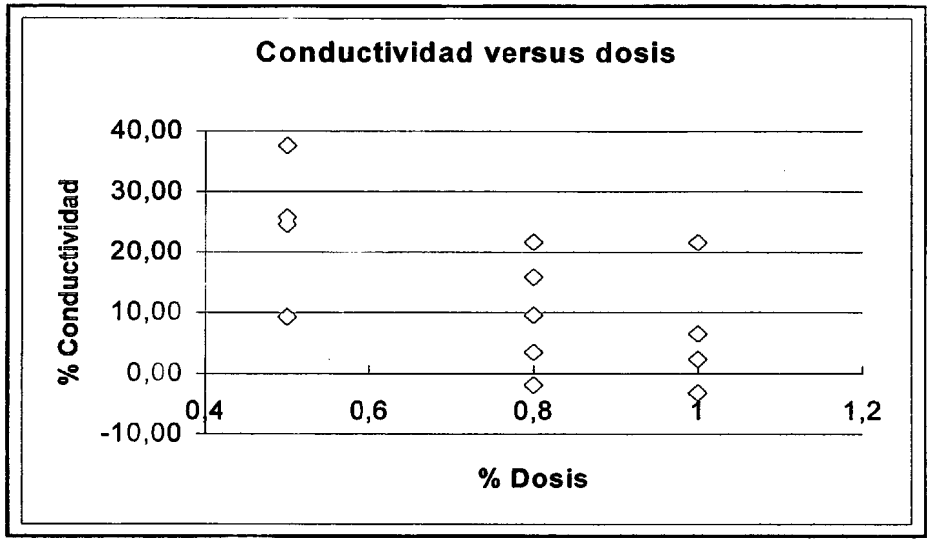



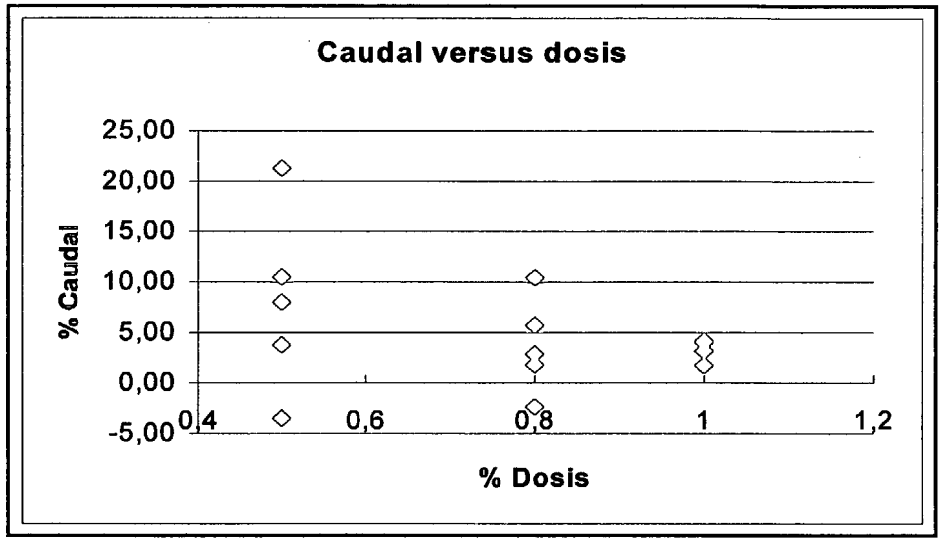



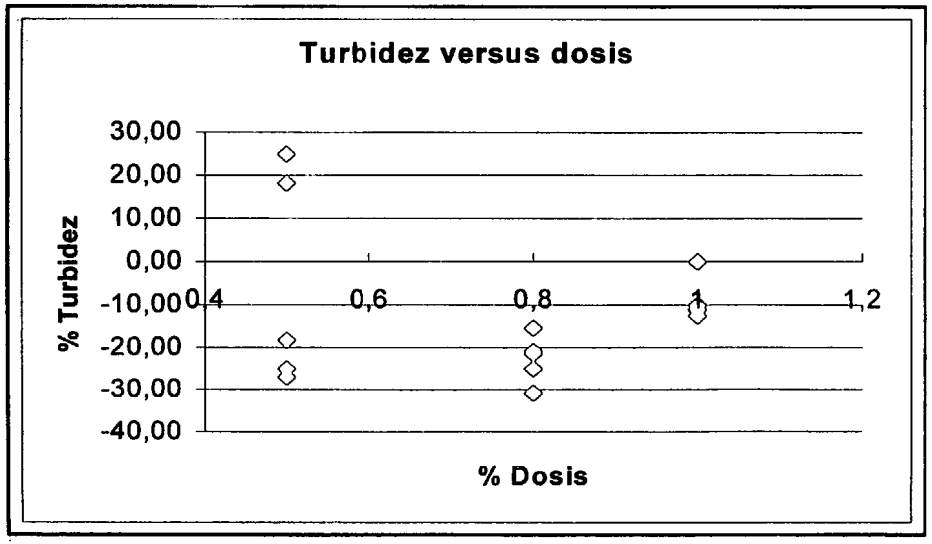



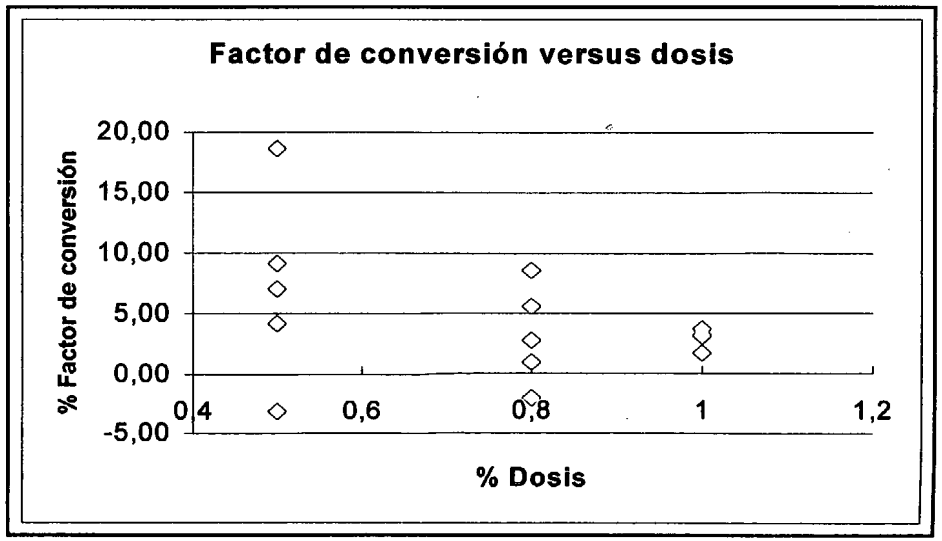

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución tipo C: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y básica con sosa



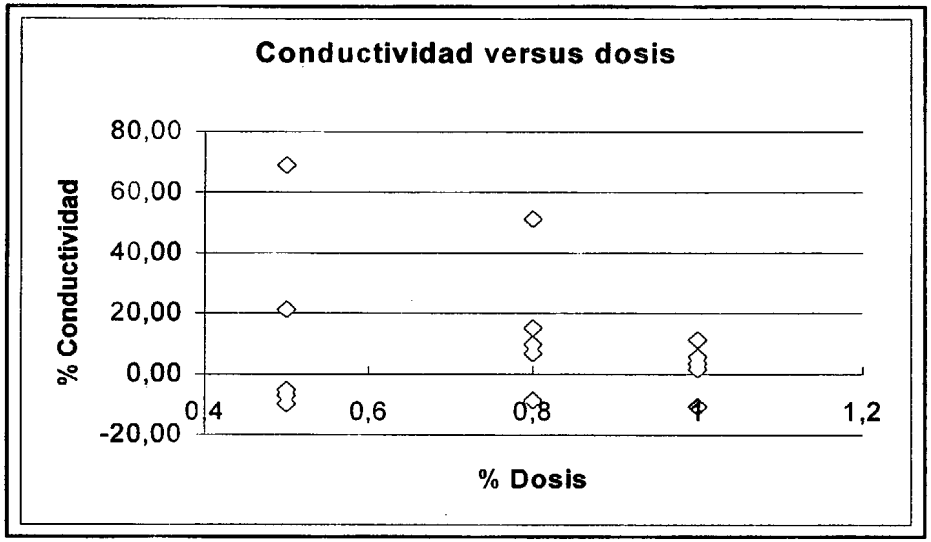



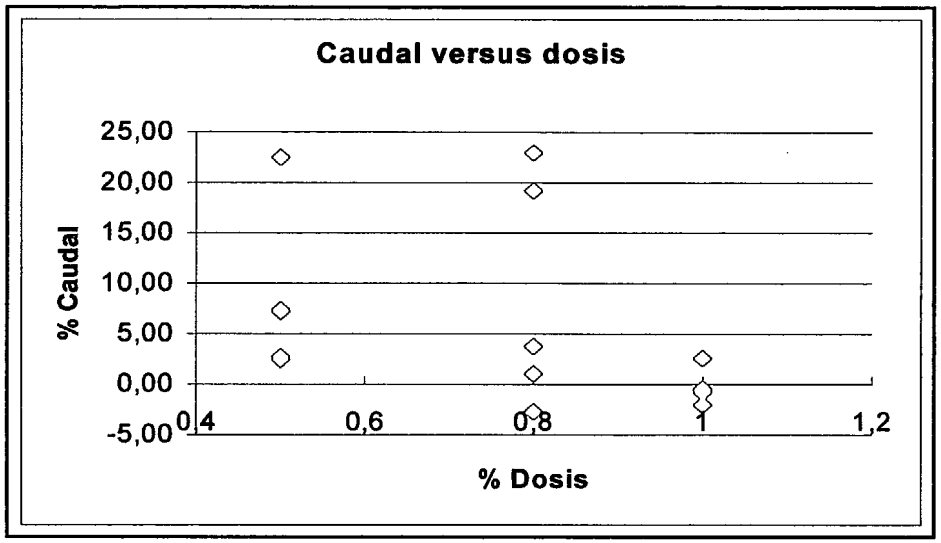



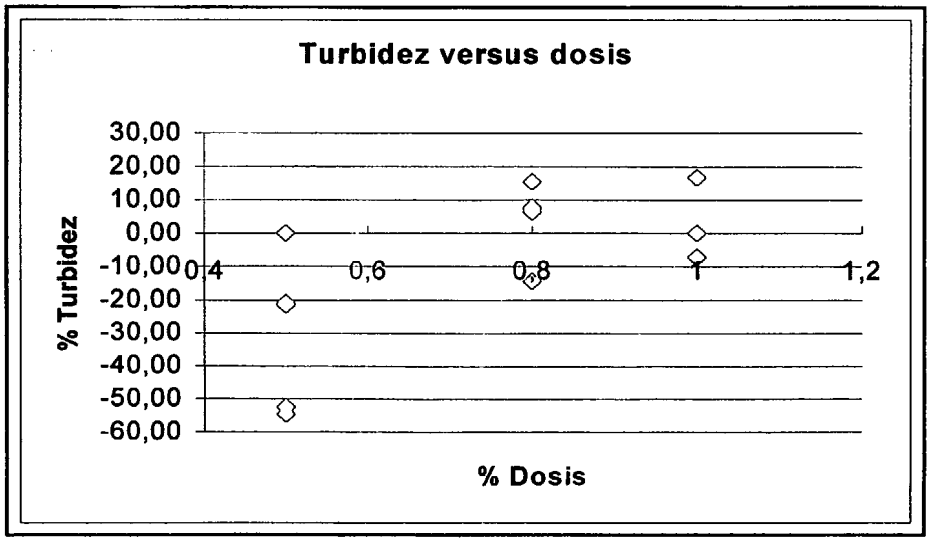



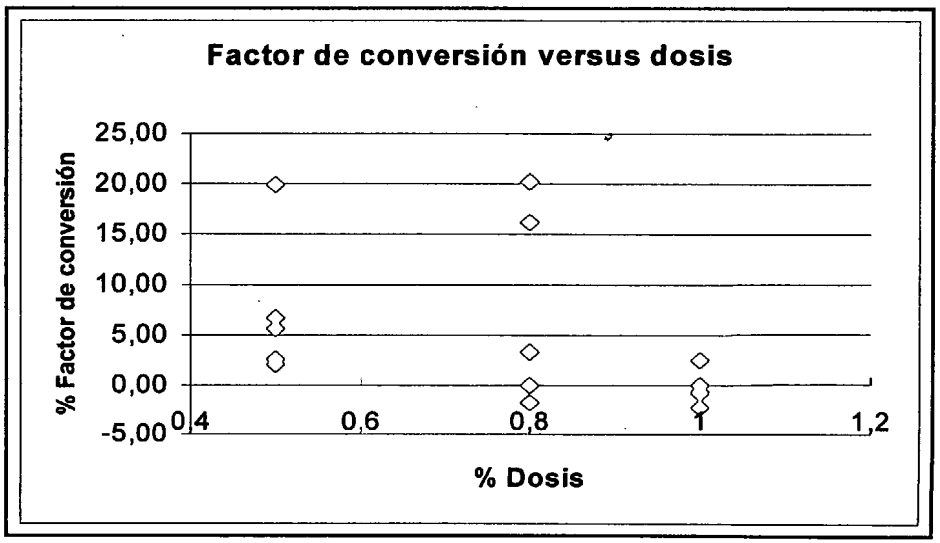

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución tipo D: Limpieza básica con NaOH y detergente ULTRASIL P-10



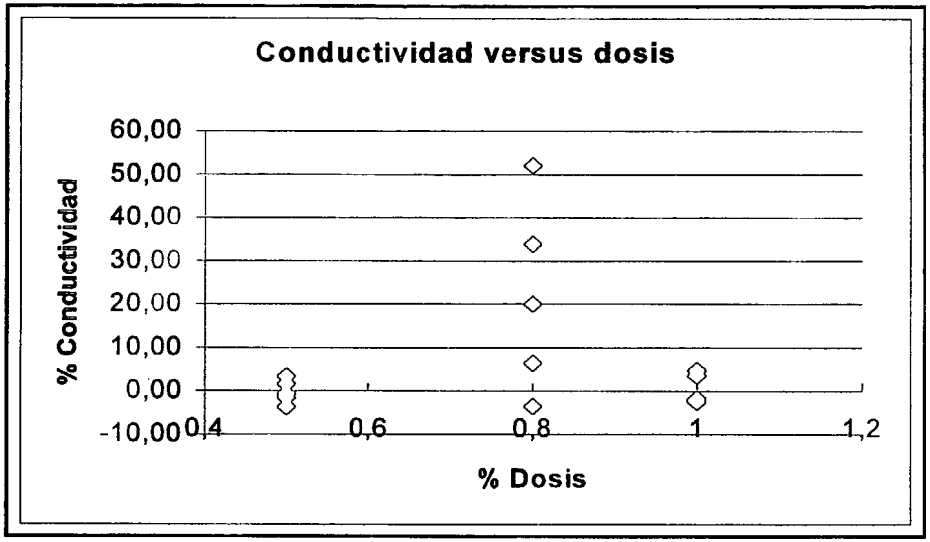



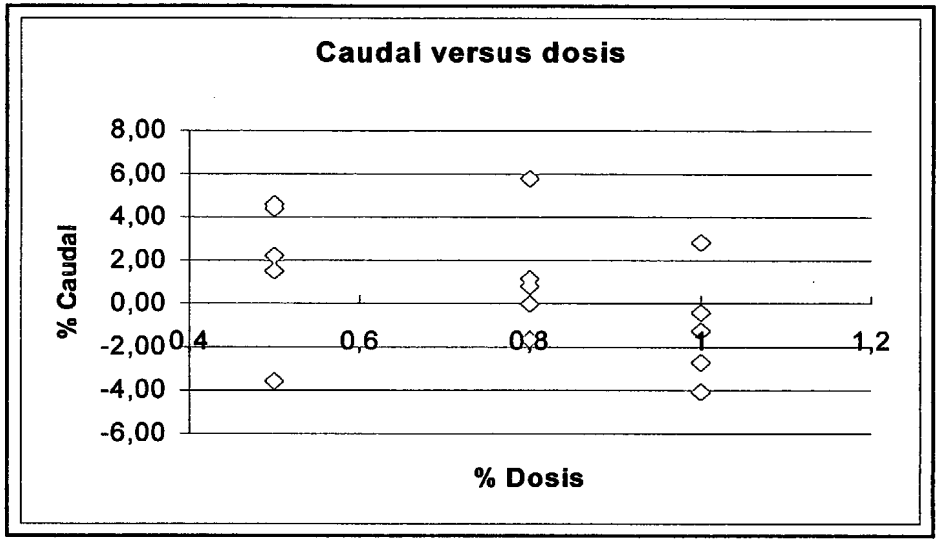



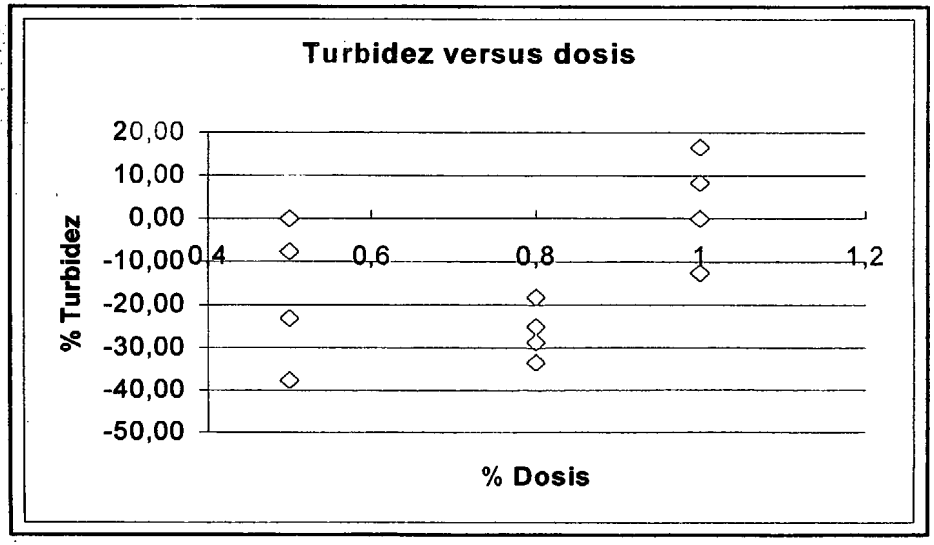



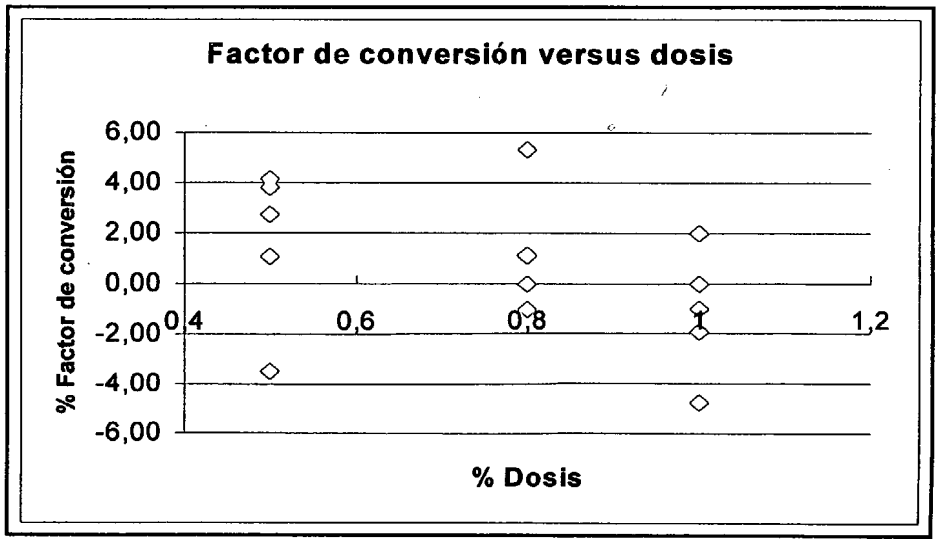

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

## Solución tipo E: Limpieza ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75



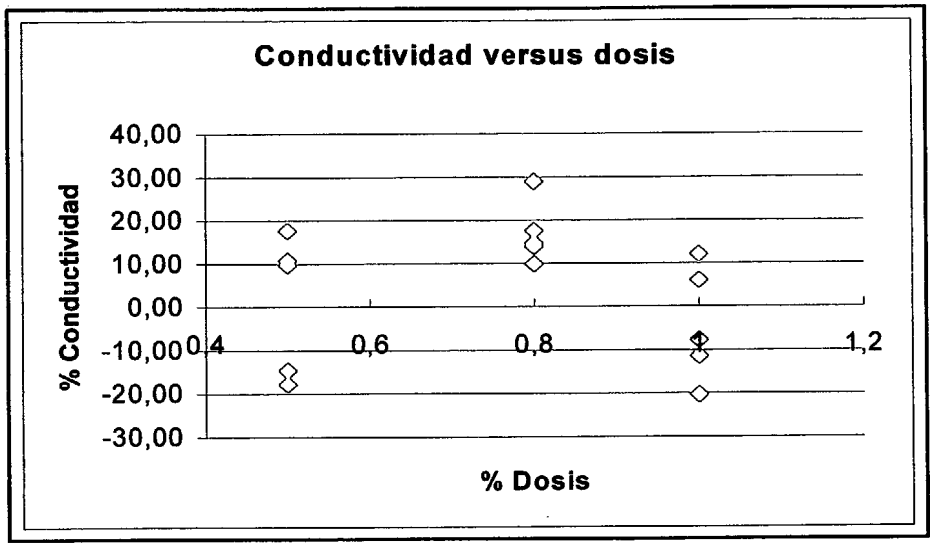



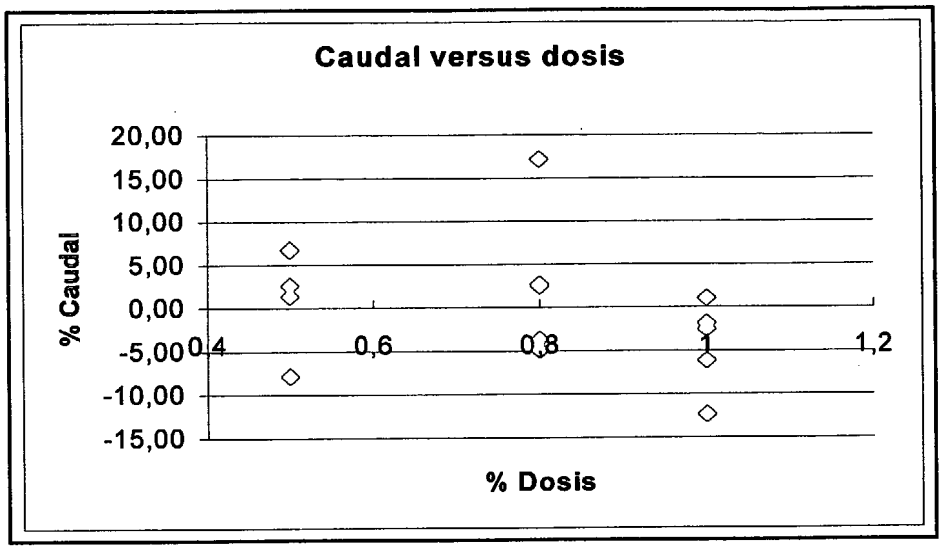



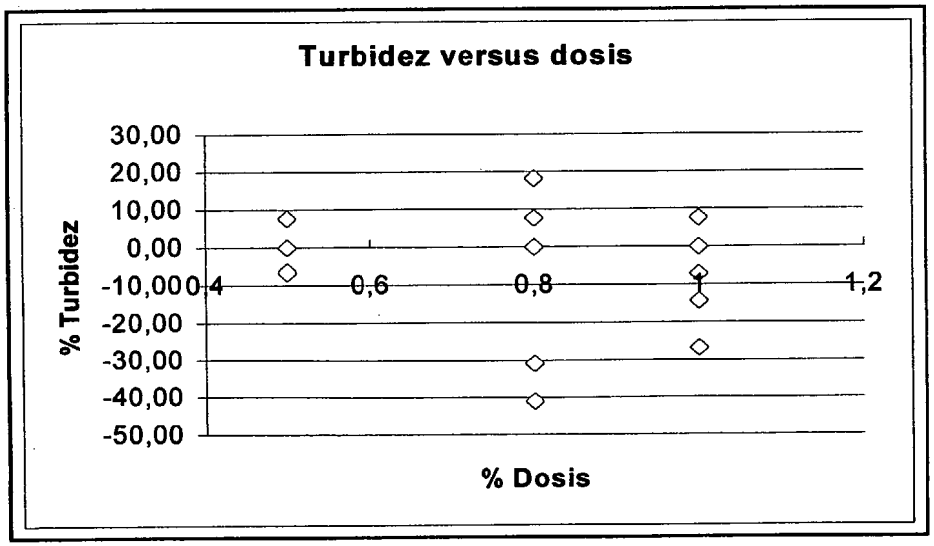



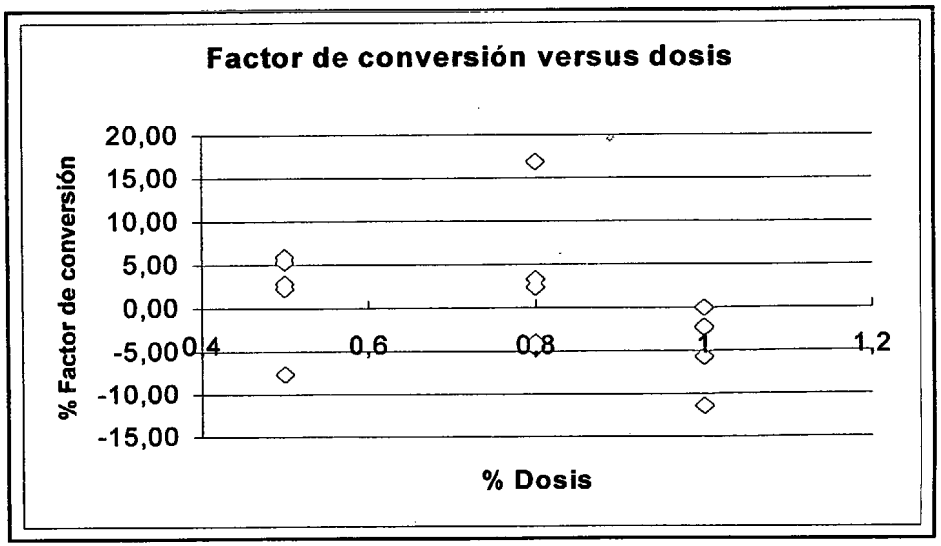

© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004

**Solución tipo F: Limpieza en dos etapas ácida con clorhídrico y detergente ULTRASIL P-75 y básica con sosa y detergente ULTRASIL P-10**




© Universidad de Las Palmas ce Gran Canaria. Biblioteca Digital, 2004