

---

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

---

TRABAJO FIN DE GRADO

**TFG/GTM/E-13-16**

QUE LLEVA POR TÍTULO

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE  
DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN  
MECÁNICA DE VAPOR”**

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

JUNIO-2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

DIRECTOR: ALVARO BAALIÑA INSUA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

631G02460 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. ÁLVARO BAALIÑA INSUA, autorizo al alumno D.LUCAS DEL RÍO VALEIRAS,  
con DNI nº 36135163-R, a la presentación del trabajo fin de grado con el código  
TGF/GTM/E-13-16 titulado:

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR  
COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”**

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

**JUNIO-2016**

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

Álvaro Baaliña Insua

Lucas del Río Valeiras

# “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## ÍNDICE

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras

## 1 ÍNDICE GENERAL

1	ÍNDICE GENERAL.....	1
2	OBJETIVOS DEL TFG.....	5
2.1	Objetivos.....	5
2.2	Alcance del proyecto.....	5
2.3	Motivación.....	6
3	INTRODUCCIÓN.....	6
3.1	Comentarios generales.....	6
3.2	Concepto de desalinización.....	7
3.3	Historia de la desalinización.....	9
3.4	¿Por qué la desalinización?.....	11
4	PRINCIPALES PROCESOS DE DESALINIZACIÓN.....	12
4.1	Destilación súbita por efecto flash (MSF).....	12
4.2	Destilación por múltiple efecto (MED).....	13
4.3	Compresión térmica de vapor (TVC).....	15
4.4	Destilación solar.....	15
4.5	Congelación.....	17
4.5.1	Por expansión del agua:.....	17
4.5.2	Congelación con ayuda de un agente refrigerante.....	17
4.6	Compresión mecánica de vapor (MVC).....	18
4.7	Osmosis inversa (OI).....	19
4.8	Electrodialisis.....	21
5	EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DESALINIZACIÓN.....	22
6	ESTUDIO DE LA PLANTA MVC.....	24
6.1	Descripción del proceso MVC.....	24
6.2	Descripción de los elementos de la instalación.....	26
6.2.1	Compresor de vapor.....	26
6.2.1.1	Elección del compresor.....	27
6.2.2	Intercambiadores de placas.....	28
6.2.2.1	Elección de los intercambiadores.....	29

---

6.2.3	Equipo de bombeo .....	30
6.2.3.1	Elección de las bombas .....	30
6.2.4	Extracción de incondensables .....	31
6.2.4.1	Elección del eyector .....	32
6.2.5	Célula salinométrica .....	33
6.2.5.1	Elección de la célula salinométrica .....	33
6.2.6	Virola central .....	34
6.2.6.1	Dimensionado de la virola .....	35
6.2.6.2	Tapa posterior .....	35
6.2.6.3	Haz tubular .....	35
6.2.6.4	Soporte haz tubular .....	36
6.2.6.5	Placa tubular fija .....	36
6.2.6.6	Junta brida-virola .....	36
6.2.6.7	Soporte desalinizadora .....	36
6.2.6.8	Estructura .....	37
6.2.7	Módulo de automatización y control .....	37
6.2.7.1	Elección del módulo .....	37
6.2.8	Cuadro eléctrico .....	38
6.3	Modelo matemático .....	39
6.3.1	Modelización del proceso .....	39
6.3.1.1	Balances de materia .....	40
6.3.1.2	Balances de energía en evaporador y precalentadores: .....	40
6.3.1.3	Superficie de intercambio del evaporador y condensador. ....	42
6.3.1.4	Superficie de intercambio de los precalentadores. ....	43
6.3.1.5	Parámetros de rendimiento: .....	45
6.3.1.6	La energía mecánica del compresor es: .....	45
6.3.1.7	Área de intercambio específica .....	45
7	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL .....	46
7.1	Problemática medioambiental de los vertidos de salmuera .....	46
7.2	Otros vertidos .....	47
7.3	Otros impactos y consideraciones medioambientales .....	48
8	NORMAS Y REFERENCIAS .....	48

---

8.1	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	48
8.1.1	Controles en el agua de consumo.....	48
8.1.2	Aguas aptas para el consumo.....	49
8.1.3	Aguas no aptas.....	49
8.1.4	Normas UNE.....	50
8.2	Bibliografía.....	52
8.3	Programas de edición cálculo y diseño.....	57
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
9.1	Variación de temperatura del agua de mar.....	58
9.2	Variación del caudal de producto.....	59
9.3	Variación de la salinidad de agua de mar.....	60
9.4	Variación de presiones de trabajo, manteniendo la misma diferencia de presiones entre ambas.....	61
9.5	Variación de la relación de compresión.....	62
10	CONCLUSIÓN FINAL.....	62
ANEXO I	PLANOS.....	67
ANEXO II	PLIEGO DE CONDICIONES.....	72
ANEXO III	CÁLCULOS EES.....	94
ANEXO IV	PRESUPUESTO MENFIS.....	102

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 (MSF) [8].....	13
Ilustración 2 (MED) [8].....	14
Ilustración 3 (TVC) [9].....	15
Ilustración 4 Destilación solar [10].....	16
Ilustración 5 Destilación por congelación.....	18
Ilustración 6 (MVC) [12].....	19
Ilustración 7 Ósmosis inversa [12].....	20

---

Ilustración 8 Electrodiálisis [13].....	21
Ilustración 9 Compresor MECO [17].....	28
Ilustración 10 Intercambiador de calor de placas [18].....	30
Ilustración 11 Bomba centrífuga [19].....	31
Ilustración 12 Eyector exhaustor [20].....	32
Ilustración 13 Display salinómetro [21].....	34
Ilustración 14 Haz tubular [2].....	36
Ilustración 15 Virola central y estructura [2].....	37
Ilustración 15 Módulo de automatización [25].....	38

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química agua de mar [4].....	8
Tabla 2 Contenido de sales en los diferentes océanos y mares [4].....	9
Tabla 3 Tecnologías de desalinización [14].....	22
Tabla 4 Consumos entre procesos de destilación [14].....	23
Tabla 5 Compresores IDE-TECH [16].....	27
Tabla 6 Variación de temperatura de agua de mar.....	59
Tabla 7 Variación de caudal de producto.....	60
Tabla 8 Variación de la salinidad .....	61
Tabla 9 Variación de presiones de trabajo.....	62
Tabla 10 Variación de la relación de compresión.....	63
Tabla 11 Valores calculados y valores reales.....	64

# “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## MEMORIA

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras



## **2 OBJETIVOS DEL TFG**

### **2.1 Objetivos**

El objetivo principal del presente trabajo es la realización de un análisis energético para un sistema de desalinización por compresión de vapor con una producción de agua dulce con una capacidad de 90m<sup>3</sup>/d, a partir del modelo matemático se estudiará como varían los parámetros más decisivos del sistema en función de la demanda de producto.

Asimismo se analizará el comportamiento general del sistema al variar otros parámetros de entrada susceptibles de oscilación como pueden ser:

- Temperatura de agua de mar.
- Caudal de producto
- Salinidad.
- Presiones de trabajo de evaporador y condensador.
- Relación de compresión.

### **2.2 Alcance del proyecto**

El presente proyecto se centra en gran parte del equipo completo a nivel de soluciones conceptuales, pero no al estudio detallado de todos sus elementos, ya que ello requeriría un consumo de tiempo superior al que es habitual en un trabajo de fin de grado. En cuanto a la parte mecánica se tocan los siguientes aspectos:

Se realizarán los planos de un equipo de desalinización MVC con todos sus componentes principales como pueden ser los intercambiadores de calor, evaporador, bombas y compresor. También se realiza un plano en sección del evaporador para mostrar de manera más gráfica su geometría interna con la finalidad de poder comprender mejor su funcionamiento.

En cuanto al equipo eléctrico se realizan los planos de mando y maniobra. A partir del modelo matemático se conocerá la potencia necesaria del compresor y por tanto del motor eléctrico, con el fin de poder escoger uno en particular y reflejarlo en el presupuesto junto con la instalación y cuadro eléctrico y el módulo de automatización.

## **2.3 Motivación**

Este trabajo surge como sugerencia del tutor. Siendo esta tecnología poco generalizada industrialmente, se plantea realizar un estudio con el fin de ayudar a conocer mejor su potencial en el ámbito industrial y determinar las aplicaciones en las cuales puede tratarse de una alternativa competitiva consiguiendo niveles adecuados tanto en la composición final requerida del producto como en el gasto energético, mantenimiento y fiabilidad de la planta.

## **3 INTRODUCCIÓN**

### **3.1 Comentarios generales**

La demanda mundial de agua potable se está viendo incrementada cada día debido al rápido crecimiento de la población mundial tanto a nivel de uso doméstico como industrial. Las reservas de agua dulce de la tierra disminuyen a un ritmo insostenible e incluso en ocasiones en estas se encuentran altos niveles de concentración de sales y otras sustancias contaminantes que la invalidan para el uso requerido.

Como consecuencia científicos y técnicos de todo el mundo están llevando a cabo estudios de innovación y desarrollo en diferentes sistemas de desalinización con la finalidad de satisfacer la demanda y cumplir con los requerimientos particulares de cada instalación ofreciendo unos niveles de eficiencia y competitividad aceptables.

El proceso de desalinización por (mechanical vapor compression MVC) se posiciona como uno de los sistemas de destilación térmica más eficientes. El proceso utiliza el principio de bomba de calor, un compresor presuriza el vapor succionado del evaporador, generando una presión negativa, el vapor presurizado alcanza una mayor temperatura de saturación transfiriendo su energía a la salmuera del evaporador y finalmente condensándose para producir el destilado.

Los equipos de MVC se caracterizan por ser unidades compactas que no requieren fuentes externas de calor a diferencia de otros sistemas de desalinización térmica, siendo una tecnología de probada experiencia y fiabilidad.

Debido a la independencia de fuentes de calor externas son adecuados para producciones en pequeñas poblaciones aisladas o complejos turísticos, siendo una tecnología con gran expansión en lugares como los EEAA o Israel por ejemplo, dónde existen incluso equipos funcionando con tecnología híbrida basados en energía solar, la cual en regiones de climatología con gran número de horas solares al año resultan muy eficientes y ecológicos reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y a su vez dotadas de motores diésel para el funcionamiento de los equipos durante los periodos de ausencia solar [1].

En cuanto a instalaciones industriales que necesiten una fuente confiable y económica de agua de alta calidad, la cual en ubicaciones remotas, ambientes de trabajo complicado y con la necesidad de cumplir con requerimientos ambientales y de seguridad estrictos, es complicada satisfacer, no hay muchas soluciones que respondan a este desafío. Con una excelente trayectoria de operación simple, económica y con bajo consumo de energía, la MVC es una solución de agua pura ideal para refinerías, industrias consumidoras de agua, y centrales eléctricas. Estas unidades son adecuadas para ser utilizada donde la existencia de una fuente confiable y estable de agua limpia es crítica para el éxito y crecimiento.

Aunque se pudiera pensar que en instalaciones de ciclo Rankine, al disponer de vapor como fuente térmica para llevar a cabo la destilación térmica la MVC no tendría lugar, estudios consultados sobre análisis energéticos señalan que en cuanto al rendimiento total de una planta eléctrica de ciclo Rankine puede verse sensiblemente menguado como consecuencia de la realización de extracciones de vapor en el caso de utilizar tecnología MED en lugar de la alimentación únicamente eléctrica de un equipo MVC, por lo cual utilizando la desalinización MVC se conseguiría aumentar el rendimiento total de la planta [2].

### **3.2 Concepto de desalinización**

La desalinización, también conocida como desalación, es el proceso por el cual el agua de mar, que contiene por término medio del orden de 35 000 ppm (partes por millón) del total de sólidos disueltos T.S.D., y las aguas salobres, que contienen de 5 000 a 10 000 ppm del T.S.D., se convierten en agua apta para el consumo del hombre, uso doméstico y utilización industrial.

Sería conveniente definir qué se entiende por agua dulce y por agua potable. Los estándares para el agua dulce pueden variar en cada país; sin embargo, el estándar empleado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la define como una solución acuosa que contiene menos de 500 ppm del T.S.D. La definición de agua potable sería básicamente la misma, agregándole las siguientes cualidades: inodora, incolora, insípida y finalmente libre de bacterias contaminantes [3].

El grado de salinidad puede variar en los diferentes océanos, pero las proporciones relativas de los principales constituyentes son las mismas. En la tabla 1 se muestra la composición química del agua de mar, y en la tabla 2, la diferencia de salinidad en los distintos mares y océanos [4].

Sal	Cantidad de sales en 1 litro de agua	
	<u>Gramos (g)</u>	<u>Total de sales (%)</u>
Cloruro de sodio	27,213	77,758
Cloruro de magnesio	3,807	10,878
Sulfato de magnesio	1,658	4,737
Sulfato de calcio	1,26	3,6
Sulfato de potasio	0,863	2,465
Carbonato de calcio y trazas de otras sales	0,126	0,345
Bromuro de litio	0,076	0,217
Total	35,003	100,00

Tabla 1 Composición química agua de mar [4]

Mar (océano)	Contenido de sales (%)
Océano Atlántico	3,6
Océano Pacífico	3,36
Océano Índico	3,38
Mar Mediterráneo	3,94
Mar Adriático	3,0
Mar de Japón	3,4
Mar del Norte	3,28
Mar Rojo	4,3
Mar Blanco	3,3
Mar de Mármara	2,5
Mar Negro	1,7
Mar Caspio	1,3

Tabla 2 Contenido de sales en los diferentes océanos y mares [4]

Cuando se desaliniza el agua con el fin de utilizarla para beber, la sal contenida en el agua resultante del proceso no debe exceder de 500 ppm; cuando el abastecimiento de agua de esta calidad es insuficiente, la desalinización constituye una alternativa del transporte de agua potable desde grandes distancias mediante conducciones o vehículos cisterna.

### 3.3 Historia de la desalinización

Quizá la más antigua referencia que existe sobre la desalación del agua de mar es un relato bíblico en el cual se narra cómo Moisés guiando a los hijos de Israel desde el Mar Rojo hacia el desierto del Sur y habiendo pasado por él tres días sin hallar agua una vez llegaron a Mara el pueblo murmuraba contra

Moisés, diciendo: ¿Qué vamos a beber? Moisés clamó a Yavé, que le indicó un madero que él echó en el agua, y esta se volvió dulce.

Referencias más concretas se encuentran ya en:

- Tales de Mileto y Demócrito (S. VI-V a.C.), quienes sugirieron que el agua dulce se obtenía por filtración del agua de mar a través de la tierra.
- Aristóteles (S.IV a.C.) discutió en sus obras acerca de la naturaleza y propiedades del agua de mar y la posibilidad de su desalación.
- Plinio (S.I d.C.), en su gran enciclopedia sobre historia natural describe varios métodos para desalar agua.
- Alejandro de Afrodiasias (S.II-III d.C.), describe por primera vez el procedimiento de destilación como método de obtención de agua dulce a partir de agua de mar.
- John Gaddesden (S.XIII-XIV d.C.), en su obra Rosa Medicine describe cuatro métodos para la desalación del agua de mar.

En la Edad Moderna, debido a la expansión del comercio y los largos viajes a través de los mares se impulsa un nuevo avance en el problema de la desalación del agua, especialmente en lo que se refiere al abastecimiento de las tripulaciones de los buques.

A comienzos del siglo XIX ya eran conocidos los principios de los métodos de desalación que podemos llamar naturales, concretamente la evaporación solar, la destilación y la congelación. El uso industrial de estos principios tuvo en cambio un lento desarrollo, excepto en las instalaciones de destilación para barcos, cuyo crecimiento fue relativamente rápido.

La destilación tuvo un primer impulso de desarrollo en el año 1884, cuando James Weir creó, con destino a barcos, una planta de evaporación que utilizaba la energía residual del vapor de salida de la caldera. Desde 1884 hasta 1956 el tipo de destilación de tubos sumergidos sirvió de base a la mayoría de las instalaciones marinas de esta naturaleza, y en la época final a instalaciones terrestres.

Las primeras instalaciones de este tipo, de las que se tiene noticias, son una en Egipto, instalada en 1912, cuya producción era de 75 m<sup>3</sup>/día; otra en Stears, Kentucky (Estados Unidos), montada en 1917 con una producción de 150 m<sup>3</sup>/día, y otras en las islas de Aruba y Curazao, de 6 500 m<sup>3</sup>/día, instaladas en el período 1956-1958. Fue precisamente el aumento de capacidad de estas plantas terrestres lo que llevó al abandono del principio de tubos sumergidos, ya que el sistema era difícilmente adaptable a capacidades mayores.

El desarrollo de la vaporización flash se inicia con el fin de las instalaciones de tubos sumergidos, a las que prácticamente viene a sustituir. El punto de comienzo de la era industrial de la vaporización flash se puede enmarcar en 1956, en que la compañía Westinghouse comenzó la instalación en Kuwait de una planta de 2273 m<sup>3</sup>/día.

Los sistemas de compresión de vapor y de tubos verticales largos pueden considerarse variaciones de los métodos básicos de destilación. El nacimiento de su desarrollo coincide también con la década de los años cincuenta.

El empleo de los sistemas de membranas se inicia a partir de los estudios en laboratorios sobre la naturaleza y comportamiento de aquellas, con los trabajos realizados sobre membranas fabricadas con resinas por Juda y Kressman en 1949, aunque las propiedades de semipermeabilidad y selectividad eran conocidas desde principios del siglo XIX [5].

### **3.4 ¿Por qué la desalinización?**

Algunas regiones del mundo tienen acceso reducido al agua potable y en otras regiones su uso está limitado por la contaminación. Inclusive, muchas áreas húmedas sufren la escasez del agua debido a los deficientes sistemas y prioridades de distribución. El resultado de todo esto es que el agua escasea y los servicios de suministro y saneamiento son insuficientes.

En el informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas, «Agua para todos, agua para la vida del planeta», se plantea que muchos países y territorios se encuentran ya en una situación crítica en lo que respecta a la cantidad de recursos renovables de agua disponibles por habitante.

Las enormes reservas de agua de mar y aguas salubres de distintas procedencias, al mismo tiempo que las dificultades planteadas en muchos países ante la escasez de agua dulce, han obligado a tomar en consideración las posibilidades de su tratamiento económico, y actualmente existe un creciente interés en la realización de programas de investigación-desarrollo relativos a los distintos métodos de desalinización [6].

## **4 PRINCIPALES PROCESOS DE DESALINIZACIÓN**

### **4.1 Destilación súbita por efecto flash (MSF)**

La desalinización obtenida por destilación consiste en vaporizar agua para conseguir vapor libre de sales, las cuales son volátiles a partir del orden de los 300° C, el vapor es condensado a continuación en el interior o exterior de los tubos de la instalación.

Los sistemas de desalación suelen funcionar por debajo de la presión atmosférica, por lo que necesitan un sistema de vacío, bombas o eyectores, además de la extracción del aire y gases no condensables. La utilización de una cámara flash permite una vaporización súbita, y por lo tanto de carácter irreversible, previo a su posterior condensación.

Generalmente, la cámara flash se sitúa en la parte baja de un condensador de dicho vapor generado en la cámara inferior. Por lo tanto, la recuperación de calor necesario para la vaporización se obtiene gracias a la unión sucesiva de etapas en cascada a diferente presión y es necesario el aporte mínimo de la condensación de un vapor de baja o media calidad proveniente de una planta de generación eléctrica.

Este es el proceso más ampliamente utilizado en el mundo debido a varias razones:

- Es un método adecuado para la producción con agua bruta de características poco favorables: (alta salinidad, temperatura y contaminación).
- Su acoplamiento con plantas de potencia para formar sistemas de cogeneración resulta sencillo permitiendo además una gran variabilidad de rangos de operación en ambas plantas.
- La capacidad de las plantas MSF es mucho mayor que otras plantas desalinizadoras en virtud a la cantidad de etapas conectadas en cascada sin problemas de operación.



Por contra las plantas MSF presentan varios inconvenientes:

- Su consumo específico, definido como la cantidad de energía consumida para producir 1 m<sup>3</sup> de agua desalada, es de los más altos de los procesos disponibles tanto a nivel de consumo térmico debido al efecto flash como a nivel de consumo eléctrico debido al consumo eléctrico de las bombas necesarias para la circulación de los flujos de planta.
- Además de su alto coste de operación, su coste de instalación no es más bajo que otros procesos de desalación [7].



Ilustración 1 (MSF) [8]

#### 4.2 Destilación por múltiple efecto (MED)

Al contrario que en el proceso MSF por efecto flash, en la destilación por múltiple efecto MED la vaporización se produce de forma natural en una cara de los tubos de un intercambiador aprovechando el calor latente desprendido por la condensación del vapor en la otra cara del mismo.

Una planta MED tiene varias etapas conectadas en serie a diferentes presiones de operación, dichos efectos sucesivos tienen cada vez un punto de ebullición más bajo por efectos de dicha presión. Esto permite que el agua de alimentación experimente múltiples ebulliciones, en los sucesivos efectos, sin necesidad de recurrir a calor adicional a partir del primer efecto. El agua salada se transfiere luego al efecto siguiente para sufrir una vaporización y el ciclo se repite, utilizando el vapor generado en cada efecto.

Normalmente también existen cámaras flash para evaporar una porción del agua salada que pasa al siguiente efecto, gracias a su menor presión de operación. La primera etapa se nutre de vapor externo de un sistema recuperativo, una turbina de contrapresión o extracción de una de condensación.

Un condensador final recoge el agua dulce en la última etapa precalentando el agua de aportación al sistema. Por lo tanto las plantas MED también conforman sistemas de cogeneración al igual que las MSF consumiendo una porción de energía destinada a la producción eléctrica. La destilación por múltiple efecto no es un proceso solamente utilizado para la desalación. La capacidad de este tipo de plantas suele ser más reducida que las MSF (nunca suele superar los 15000 m<sup>3</sup>/día).

El número máximo de efectos conectados en serie raramente es mayor de 15, a excepción de las MED con múltiples efectos integrados en cada uno de ellos, llegando en este caso a un número total de más de 50. Sin embargo, tienen un mejor rendimiento global con respecto a una MSF, reduciendo por lo tanto el consumo específico de este proceso respecto de una planta MSF con idénticas capacidades. Ello se debe principalmente a la irreversibilidad asociada al proceso de separación flash que aparece en los procesos MSF. Además el consumo eléctrico es menor que la MSF ya que necesita menos bombas de circulación al no existir recirculación de salmuera.

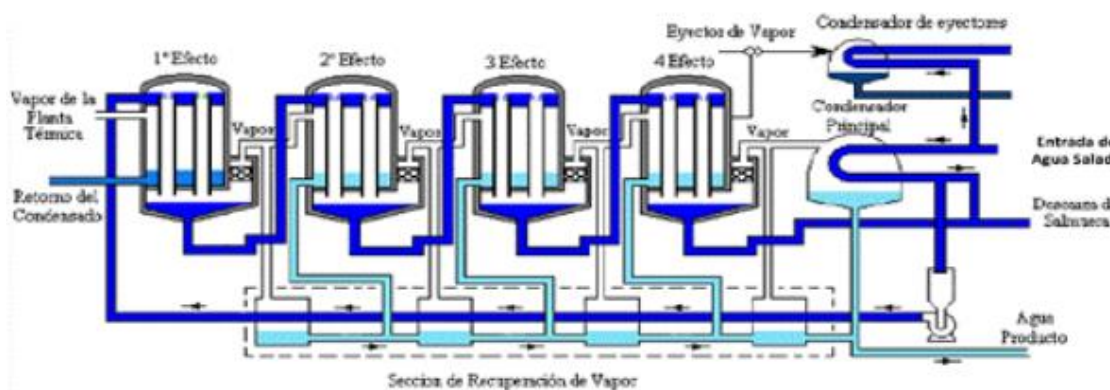


Ilustración 2 (MED) [8]

### 4.3 Compresión térmica de vapor (TVC)

La compresión térmica de vapor (Thermal Vapor Compression) obtiene el agua destilada con el mismo proceso que una destilación por múltiple efecto MED, pero utiliza una fuente de energía térmica diferente: son los llamados compresores térmicos o termocompresores, (esto no es más que un eyector) que consume vapor de media presión proveniente de la planta de producción eléctrica, si se tiene una planta dual, sino sería de un vapor de proceso obtenido expresamente para ello, y que succiona parte del vapor generado en la última etapa a muy baja presión, comprimiéndose y dando lugar a un vapor de presión intermedia a las anteriores adecuado para aportarse a la 1ª etapa, que es la única que consume energía en el proceso. El rendimiento de este tipo de plantas es similar a las de las plantas MED, sin embargo su capacidad desalinizadora puede ser mucho mayor al permitirse una mayor adaptabilidad de toma de vapor de las plantas productoras del mismo [9].

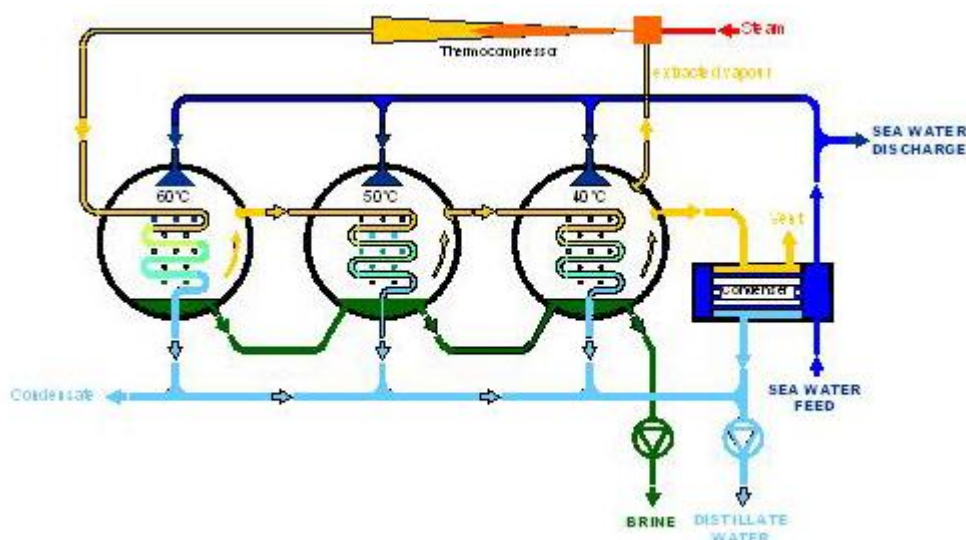


Ilustración 3 (TVC) [9]

### 4.4 Destilación solar

La energía solar es un método ideal para producir agua en zonas áridas y aisladas del resto de poblaciones. Aunque tiene un coste energético nulo y escasa inversión, su baja rentabilidad reside en su escasa producción por metro cuadrado de colector al destilarse tan sólo unos litros al día en el caso de

condiciones climatológicas favorables. Por lo tanto no se han desarrollado a gran escala en lugares con un consumo elevado de agua dulce. El principio básico es el del efecto invernadero: el sol calienta una cámara de aire a través de un cristal transparente, en cuyo fondo tenemos agua salada en reposo. Dependiendo de la radiación solar y otros factores como la velocidad del viento, que enfría el vidrio exterior, una fracción de esta agua salada se evapora y se condensa en la cara interior del vidrio. Como dicho vidrio está colocado inclinado, las gotas caen en un canal que va recogiendo dicho condensado evitando que vuelvan a caer en el proceso de condensación a la lámina inferior de salmuera. Las técnicas de concentración de los rayos solares mediante lentes o espejos, bien parabólicos o lisos, no suelen compensar su mayor coste económico.

Pero la energía solar también puede ser la fuente de energía de un proceso de destilación, incluso de producción eléctrica para pequeñas instalaciones de ósmosis inversa. Por ejemplo, el uso de colectores de concentración parabólicos puede usarse en procesos MSFo MED dependiendo del coste de los colectores, que son los que determinan la producción de agua por metro cuadrado, de media producen 10 m<sup>3</sup> de agua dulce por m<sup>2</sup> de colector, y factores climáticos tales como el porcentaje del día en que la planta consume energía solar [10].

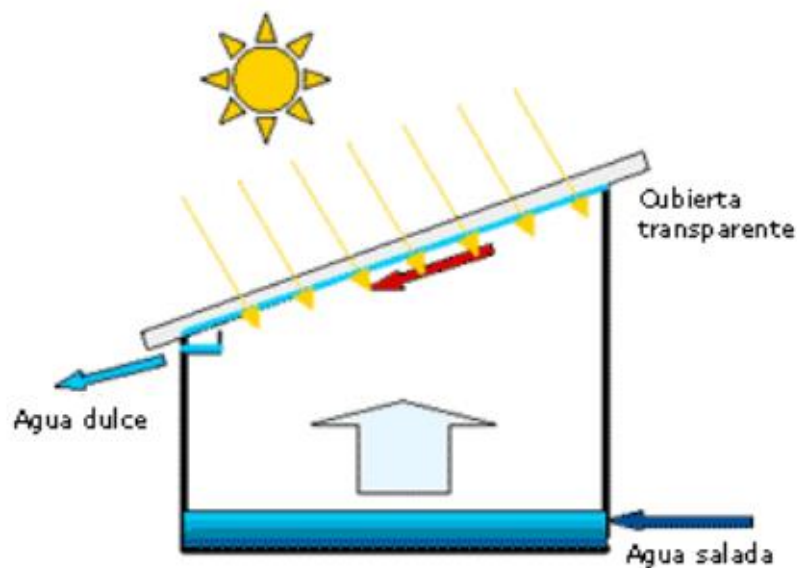


Ilustración 4 destilación solar [10]

## **4.5 Congelación**

Este método está siendo estudiado actualmente. La desalinización por congelación consiste en someter el agua salina a diversos procesos de refrigeración, obteniendo así cristales de hielo puro.

Aunque pueda parecer un proceso sencillo presenta problemas de adaptación para su implantación industrial, pues el aislamiento térmico necesario y los mecanismos para la separación de los cristales de hielo resultan por el momento ineficientes, así como adaptar la tecnología a intercambiadores de frío.

Existen dos procedimientos de congelación directa:

### **4.5.1 Por expansión del agua:**

El agua de mar se congela parcialmente a una presión absoluta de 0.004 bar, a  $-4^{\circ}\text{C}$  produciéndose una vaporización, acompañada del enfriamiento correspondiente, que es el que provoca la congelación. Para mantener el vacío necesario es preciso aspirar de continuo el vapor de agua formado, pudiendo realizarse esta operación bien por un compresor mecánico, o por absorción en una solución higroscópica, presentando ambos procedimientos grandes dificultades.

### **4.5.2 Congelación con ayuda de un agente refrigerante**

Se utiliza un refrigerante auxiliar cuya presión de vapor sea netamente superior a la del agua y que no sea miscible con ella. El butano satisface estas condiciones. El agua de mar se congela parcialmente por la expansión del butano. Este procedimiento evita los problemas de compresión de la congelación del vacío.

La desalinización mediante este proceso supera a la destilación ya que se necesita menos energía para congelar el agua que para evaporarla, y en que no hay formación de depósitos minerales en las máquinas, como ocurre cuando se debe llegar a altas temperaturas. De esta manera se ahorra energía y dinero [11].

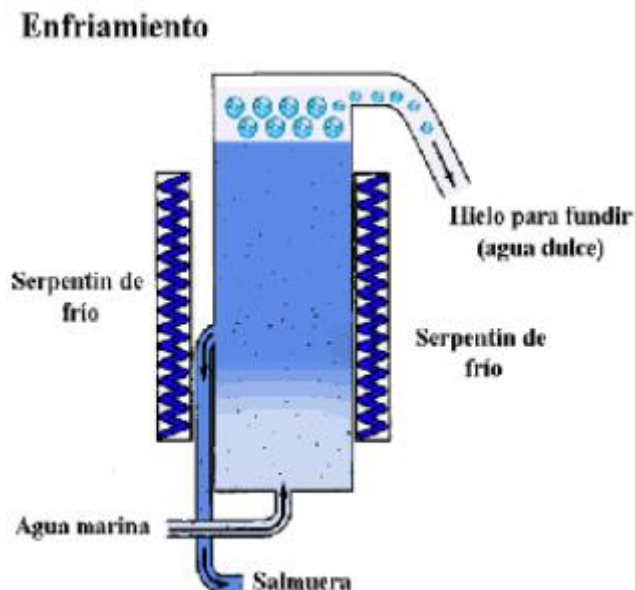


Ilustración 5 destilación por congelación [11]

#### 4.6 Compresión mecánica de vapor (MVC)

En la compresión mecánica de vapor se vaporiza el agua salada, en un lado de la superficie de intercambio, y se comprime elevando su contenido energético para que condense en el otro lado y pueda mantenerse el ciclo de destilación de agua. El vapor exterior de los tubos es comprimido a presión en torno a 0.05 bares en un compresor volumétrico especialmente diseñado para la compresión de vapor. El vapor ligeramente sobrecalentado se condensa en el interior de los tubos del intercambiador, siendo aspirado por una bomba en su parte inferior. Si el proceso fuera ideal sólo se debería vencer la elevación del punto de ebullición del agua salada para mantener el proceso, aunque no es posible realmente para que la diferencia de temperaturas sea suficiente y que la superficie de intercambio sea razonable; en todo caso el consumo específico de estas instalaciones es el más bajo de los procesos de destilación, normalmente el consumo eléctrico equivalente está sobre los 10 kWh/m<sup>3</sup>, aproximadamente la mitad que una planta MSF.

Aunque su consumo específico es con mucho el menor de las instalaciones de destilación, tiene un gran inconveniente que es la inexistencia de compresores volumétricos de vapor de baja presión de tamaño suficiente para una producción considerable. Así no se conocen unidades CV mayores de 5000

m<sup>3</sup>/día, y estos compresores sólo permiten un máximo de 3 etapas a diferentes presiones conectadas en cascada. Normalmente existen intercambiadores de precalentamiento del agua de aporte con el destilado y la salmuera enviada al mar, como el número de etapas es reducido hay que recuperar la energía de salida de la salmuera, ayudados por una resistencia eléctrica en los arranques, o incluso usando el mismo compresor [12].

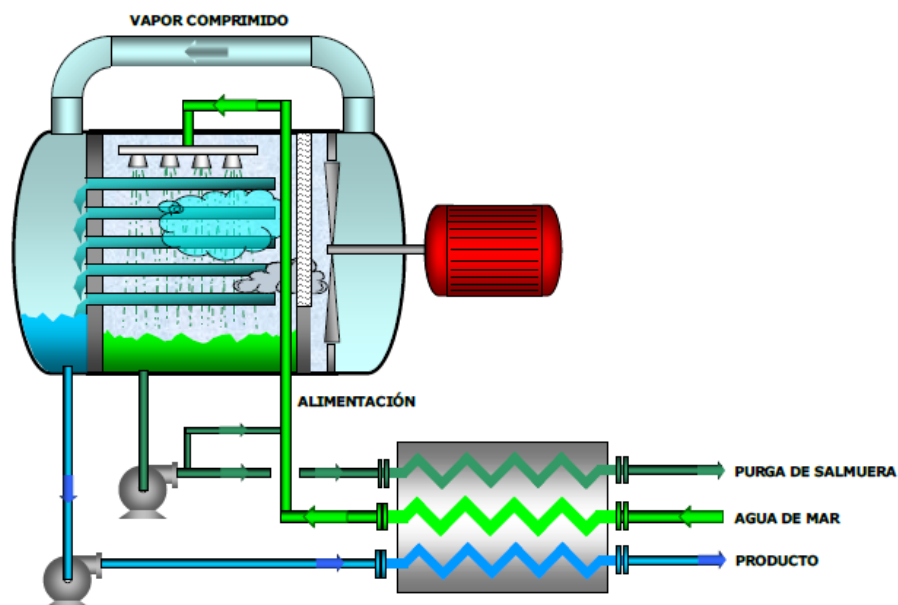


Ilustración 6 (MVC) [12]

#### 4.7 Osmosis inversa (OI)

La ósmosis es un proceso natural que ocurre en plantas y animales. De forma esquemática se puede decir que cuando dos soluciones con diferentes concentraciones están separadas a través de una membrana, existe una circulación natural de la solución menos concentrada para igualar las concentraciones finales, con lo que se produce una diferencia de altura entre ambas soluciones que se traduce en una diferencia de presión, llamada presión osmótica.

Sin embargo aplicando una presión externa que sea mayor a la presión osmótica de una disolución respecto de otra, el proceso se puede invertir, haciendo circular agua de la disolución más concentrada y purificando la zona con menor concentración, obteniendo finalmente un agua de pureza admisible, aunque no comparable a la de procesos de destilación.

Por eso es altamente recomendable para la filtración de aguas salobres, en las que la sal a rechazar es mucho menor que en aguas marinas. La cantidad de permeado depende de la diferencia de presiones aplicada a la membrana, sus



propiedades y la concentración del agua bruta, y su calidad suele estar en torno a los 300-500 ppm, partiendo de agua de mar, (este límite está más que superado debes eliminarlo o corregirlo) de sólidos disueltos totales, cifra un orden de magnitud mayor al agua obtenida en un proceso de vaporización.

Una membrana para realizar ósmosis inversa debe resistir presiones mayores a la diferencia de presiones osmóticas de ambas soluciones. Por ejemplo, un agua bruta de 35000 ppm de sólidos disueltos totales a 25° C tiene una presión osmótica alrededor de 25 bares, pero son necesarios 70 bares para obtener su permeado.

No se puede considerar la OI como un proceso de filtración normal, ya que la dirección de flujo del agua bruta es paralela y no perpendicular como un caso cualquiera de filtración. Ello implica que tan sólo una parte del agua bruta de alimentación pasa realmente a través de la membrana, mientras que en un proceso de filtración lo haría en su totalidad.

Una planta de OI es mucho más compleja que una agrupación de módulos y una o varias bombas, por ejemplo las membranas se ensucian muy fácilmente con la operación continuada y necesita un pretratamiento intensivo, mucho mayor que en los procesos de destilación [12].

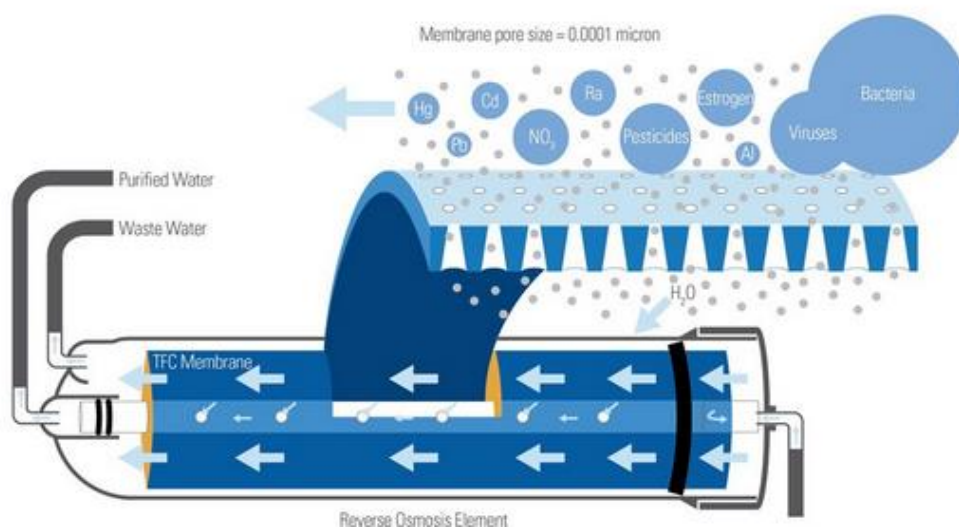


Ilustración 7 Ósmosis inversa [12]



#### 4.8 Electrodiálisis

Este proceso permite la desmineralización de aguas salobres haciendo que los iones de diferente signo se muevan hacia zonas diferentes aplicando campos eléctricos con diferencias de potencial aplicados sobre electrodos, y utilizando membranas selectivas que permitan sólo el paso de los iones en una solución electrolítica como es el agua salada. Los iones van a los compartimentos atraídos por los electrodos del signo contrario, dejando en cubas paralelas el agua pura y en el resto el agua salada más concentrada.

Es un proceso que sólo puede separar sustancias que están ionizadas y por lo tanto su utilidad y rentabilidad está sólo especialmente indicada en el tratamiento de aguas salobres o reutilización de aguas residuales, con un consumo específico y de mantenimiento comparable en muchos casos a la ósmosis inversa. En algunas ocasiones, la polaridad de los ánodos y cátodos se invierte alternativamente para evitar el ensuciamiento de las membranas selectivas al paso de dichos iones. En este caso se habla de electrodiálisis reversible (EDR) [13].

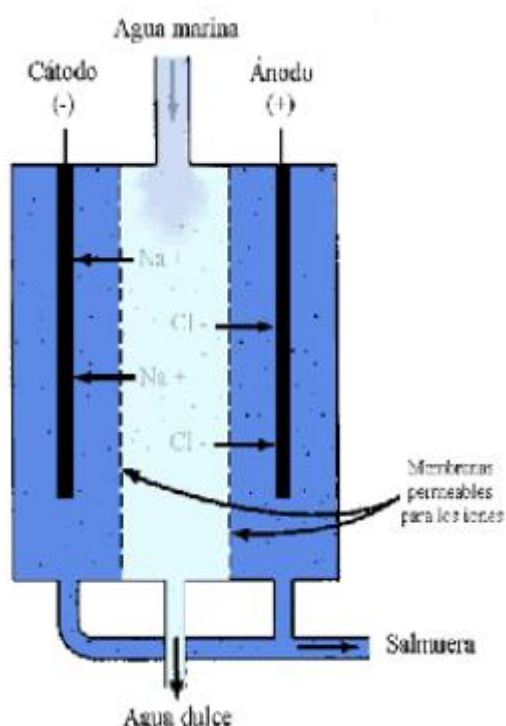


Ilustración 8 electrodiálisis [13]

## 5 EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE DESALINIZACIÓN

Una vez presentados los tratamientos de desalación actualmente existentes, se puede decir que sólo algunos procesos son tecnológicamente viables actualmente a escala industrial: Vaporización súbita por efecto flash, destilación múltiple efecto, termocompresión de vapor y compresión de vapor mecánica, ósmosis inversa y electrodiálisis, a continuación se presenta una tabla comparativa entre dichas tecnologías [14]:

Características	MSF	MED-TVC	MCV	OI	ED
Tipo de energía	Térmica	Térmica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Consumo energético primario (KJ/Kg)	Alto (>200)	Alto/medio (150-200)	Medio (100-150)	Bajo (<80)	Bajo (<30)
Coste instalaciones	Alto	Alto/medio	Alto	Medio	Medio
Capacidad Producción (m <sup>3</sup> /día)	Alta (>50000)	Media (<20000)	Baja (<5000)	Alta (>50000)	Media (<30000)
Posibilidad ampliación	Difícil	Difícil	Difícil	Fácil	Fácil
Fiabilidad de operación	Alta	Media	Alta	Alta	Alta
Desalación agua de mar	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Calidad agua desalada (ppm)	Alta (<50)	Alta (<50)	Alta (<50)	Media (300-500)	Media (<300)
Superficie terreno	Mucha	Media	Poca	Poca	Poca

requerida					
-----------	--	--	--	--	--

Tabla 3- Tecnologías de desalinización [14]

La comparación de consumos entre procesos de destilación y de membranas no resulta tarea sencilla dado el distinto origen de la energía utilizada si se tiene además en cuenta que habitualmente los procesos de destilación están asociados a plantas duales de producción conjunta de electricidad y de agua desalada, a pesar de ello en la tabla siguiente se representarán los costes de instalación y operación a modo orientativo de las tecnologías más representativas a nivel industrial.

Costes	MSF	MED	MCV	OI
Coste de instalación (€/m <sup>3</sup> /día)	1080-1690	780-1080	1020-1500	660-1200
Consumo energético (MJ/m <sup>3</sup> )	194-291	145-194	0	0
Consumo electricidad (kWh/m <sup>3</sup> )	3,5-4,0	1,5-2,0	9-11	3-4,5
Operación y mantenimiento (€/m <sup>3</sup> )	0,05-0,07	0,04-0,07	0,05-0,08	0,05-0,10
Recambios y prod. Químicos (€/m <sup>3</sup> )	0,02-0,04	0,02-0,03	0,02-0,04	0,02-0,05
Reemplazo de membranas (€/m <sup>3</sup> )	0	0	0	0,01-0,04

Tabla 4- Consumos entre procesos de destilación [14]

Tal como queda reflejado en la tabla anterior, el consumo energético de la instalación es el factor más importante del coste operativo, representando el

60% del coste total para la ósmosis inversa y más del 80% en los procesos de destilación.

Observando los datos mostrados anteriormente se aprecia que dentro del grupo de sistemas que se basan en la destilación, la tecnología múltiple efecto (MED) es la que tiene unos costes de instalación y mantenimiento más bajos, además del consumo eléctrico específico menor. La compresión mecánica de vapor (MCV) no necesita aporte calor externo, vapor, durante su funcionamiento normal, lo que la hace la técnica con un consumo total de energía más bajo, con independencia de su tipo, dentro de los sistemas basados en la destilación.

La ósmosis inversa es el tipo de tecnología que tiene el consumo total de energía más bajo, ya que solo precisa de energía eléctrica, sin necesidad de recurrir además a energía térmica externa, como ocurre con los sistemas basados en la destilación, a excepción de la técnica consistente en la compresión mecánica del vapor.

En cuanto al aspecto económico se comprueba que los tipos de desalinizadoras que implican un menor desembolso económico para su construcción son la ósmosis inversa y la destilación por múltiple efecto (MED), seguidas por la compresión mecánica de vapor (MCV). Los gastos de operación y mantenimiento son bastante parejos, aunque siempre con ligeras diferencias a favor del tipo (MED).

En este apartado el valor más desfavorable lo obtiene la ósmosis inversa debido a la necesidad de reemplazar periódicamente las membranas y el gasto que esto conlleva [2].

## **6 ESTUDIO DE LA PLANTA MVC**

### **6.1 Descripción del proceso MVC**

En el proceso de desalinización por compresión mecánica de vapor la energía mecánica es la que usa como principal fuente de energía para llevar a cabo el proceso. Básicamente es un proceso de bomba de calor el cual extrae la energía en forma de calor de un foco frío a un foco caliente a mayor temperatura, tal cual se lleva a cabo en un ciclo frigorífico, donde el calor es extraído del interior del frigorífico al exterior, mediante un evaporador, un condensador, un compresor y una válvula de expansión en donde un fluido frigorígeno es usado como fluido de trabajo en un ciclo cerrado.

El circuito dentro del refrigerador es el evaporador y el circuito exterior el condensador, aquí, en el circuito del evaporador, el fluido de trabajo se evapora absorbiendo el calor, luego se comprime aumentando su presión y entonces

entra en el condensador, en donde libera su calor latente al ambiente, el líquido a alta presión entra en la válvula de expansión, donde baja súbitamente de presión y temperatura completándose así el ciclo.

En un sistema de desalinización por compresión de vapor el sistema es en cambio un ciclo abierto, y los elementos básicos consisten en evaporador, condensador y compresor. El fluido de trabajo en este caso es vapor de agua. El vapor de agua formado en la parte de vaporización del intercambiador de calor es aspirado por el compresor y comprimido a una presión ligeramente superior, transmitiendo así energía al vapor la cual la aportará a su paso por el interior de los tubos del intercambiador, lo que viene siendo el condensador, en donde el vapor cede su calor latente condensándose y a su vez dicho calor latente al ser transmitido al otro lado del intercambiador, donde se encuentra el evaporador, pues hace que el agua de mar se evapore. Como se puede comprobar, la única energía requerida para el funcionamiento del proceso es la energía mecánica aportada por el compresor.

Como se muestra en la figura Ilustración “6 (MVC) [12]” esquemáticamente un proceso MVC de simple etapa, en el cual se puede ver un evaporador de tubos horizontales, las toberas de alimentación, el compresor de vapor, una bomba de recirculación y los precalentadores de placas. Una sección transversal “Anexo I plano nº 2” del evaporador, muestra las toberas de entrada de agua de alimentación, dos secciones del haz tubular, el demister, la toma de aspiración del compresor, el baño de salmuera y la carcasa del evaporador.

El vapor comprimido fluye por el interior de los tubos y la salmuera es pulverizada sobre la superficie del haz tubular. Para limitar la formación de residuos sobre las superficies de los tubos en estos equipos no se debiera pasar la temperatura de saturación de unos 70°C. Como se muestra en la sección transversal, el haz tubular se divide en dos secciones a cada cara del demister situado en el medio del evaporador. La estructura del demister está directamente conectada a la entrada del compresor, en donde el vapor formado es comprimido y sobrecalentado hasta la temperatura requerida.

El agua de alimentación entra en el sistema habiendo sido precalentada en los precalentadores de salmuera y producto. Los precalentadores son compactos y permiten una buena aproximación de las temperaturas de trabajo.

La aportación de agua de alimentación dentro del evaporador se debe llevar a cabo a un ritmo adecuado para conseguir un grado de humedad aceptable, por ejemplo, el flujo de agua de alimentación en los pulverizadores debe ser controlado para evitar que existan por un lado zonas secas y por el otro evitar su inundación.

La acumulación de gases incondensables dentro del evaporador se controla mediante el uso de un eyector que puede ser alimentado por agua de mar.

El sistema de bombeo incluye bombas de alimentación, de producto, de salmuera, y de recirculación.

## **6.2 Descripción de los elementos de la instalación**

En el siguiente apartado se hará una descripción de los principales componentes de la instalación, en cuanto al sistema de automatización y control, como válvulas, manómetros, sensores de temperatura, autómatas y parte eléctrica se hará referencia detallada de cada uno de ellos en la realización del presupuesto.

### **6.2.1 Compresor de vapor**

El compresor centrífugo se fundamenta esencialmente en una o varias ruedas impulsoras, montadas sobre una flecha (eje) de acero y encerradas en una cubierta de hierro fundido. El número de impulsores (turbinas) que se puede ensamblar depende principalmente de la magnitud de la presión que queremos desarrollar durante el proceso de compresión.

Las ruedas impulsoras rotativas son esencialmente las únicas partes móviles del compresor centrífugo y por tanto la fuente de toda la energía impartida al vapor durante el proceso de compresión.

La acción del impulsor es tal, que tanto la columna estática como la velocidad del vapor, aumentan por la energía que se imparte al mismo.

La fuerza centrífuga aplicada al vapor confinado entre los álabes del impulsor y que gira con los mismos, origina la autocompresión del vapor en forma similar a la que se presenta con la fuerza de gravedad, que hace que las capas superiores de una columna de gas compriman a las inferiores.

Los compresores centrífugos son turbo-máquinas o máquinas generadoras de flujo continuo, que transmiten la energía mecánica del motor al que van acoplados. Las velocidades rotatorias comunes varían entre 3000 y 8000 rpm, usándose en algunos casos velocidades más altas [15].

El desarrollo de la tecnología MVC ha ido acompañada de la mejora en las condiciones de operación, rendimiento energético, mantenimiento y fiabilidad de los compresores centrífugos. Para conseguir compresores con mayor capacidad de flujo volumétrico y eficiencia se ha ido aumentando el diámetro

del canal de flujo de succión, el rotor y el impulsor, así como la mejora de las condiciones de flujo del vapor dentro del canal de rotación.

En la siguiente tabla de IDE-TECH se puede observar la progresión de los compresores de vapor y la estimación de futuro haciendo énfasis en la eficiencia y el gasto energético.

Año	Capacidad (t/d)	Diámetro (mm)	Flujo volumétrico (m <sup>3</sup> /s)	Eficiencia (%)	Consumo energético (kWh/m <sup>3</sup> )
1975	500	1600	50-60	52	16
1985	1200	1580	51	72	8,2
1988	1500	1532	20	65	7,5
1995	3000	1760	69	72	6,9
Futuro	4000	1810	78	70	5,4
Futuro	5000	1810	86	70	5,2

Tabla 5 Compresores IDE-TECH [16]

### 6.2.1.1 Elección del compresor

Finalmente se necesitaría un compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,31 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520 de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en un año, en comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios

litros cada seis meses. Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

La nueva generación de compresores MECO se adapta a las condiciones de trabajo requeridas en cada momento consiguiendo un ahorro significativo de energía y recursos económicos. Este sistema consigue ahorrar entre un 25% y un 40% de energía. El sistema de variación de velocidad reduce los picos de energía asociados con el arranque, además la apareamiento eléctrica no es necesario que esté sobredimensionada para soportar dichos picos de arranque consiguiendo así un ahorro en la instalación.

Operando a sólo 72 - 80 dBA, no es necesario paredes acústicas o protección auditiva. Debido a que las personas en los espacios adyacentes no se ven afectadas. Se puede localizar su sala de agua casi en cualquier lugar, incluso justo al lado de una oficina. El bajo nivel de ruido elimina la necesidad de un informe especial para el cumplimiento de normativa referente a ruidos en el trabajo [17].



Ilustración 9 compresor MECO [17]

### 6.2.2 Intercambiadores de placas

Los intercambiadores de calor de placas son ideales para aplicaciones en las que los fluidos tienen una viscosidad relativamente baja y no contienen partículas. Además son una elección ideal donde existe un pequeño salto térmico entre la temperatura de salida del producto y la temperatura de entrada del servicio.

Los intercambiadores de calor a placas consisten en delgadas planchas corrugadas, empaquetadas (gásquet / desmontables con juntas) o bien soldadas con Cobre. Las placas son apretadas unas contra otras formando el paquete de placas dentro de un bastidor, en el que el flujo de producto se encuentra en canales alternos y el servicio entre los canales del producto.



Los intercambiadores de placas compactos se elegirán de construcción de alta calidad y diseñados para una inspección sencilla. Las unidades se presentan con placas de acero inoxidable AISI 304 / 316 y juntas EPDM como standard, con otros materiales también disponibles como el titanio por ejemplo dependiendo del fluido de proceso.

Las juntas se organizan de modo que los dos flujos (producto y servicio) se encuentren en los canales alternos creados por las placas. Un doble sello asegura que si cualquiera de los fluidos fuga, pase directamente a la atmósfera, evitándose la contaminación cruzada.

El paquete de placas consiste en un número de placas individuales que presentan un patrón de espigas grabadas mediante presión de tipo chevron con un ángulo de 30°. Éstas son ensambladas en una formación inversa para crear dos conjuntos de canales paralelos, uno para cada líquido. Como el patrón de espiga apunta en direcciones opuestas se alcanza un gran número de puntos de apoyo, creándose un enrejado en cada canal. Esto proporciona un alto nivel de turbulencia, lo cual ayuda a alcanzar un alto coeficiente de intercambio térmico.

#### **6.2.2.1 Elección de los intercambiadores**

Según el análisis realizado se necesitan dos precalentadores uno alimentado por la salmuera y otro por el producto, con las siguientes características:

a) Salmuera:

- Superficie de intercambio 13,56m<sup>2</sup> (sobredimensionando 15 m<sup>2</sup>)
- Potencia del intercambiador 174,7 kW
- Altura 940mm
- Anchura 330mm
- Superficie por cada placa 0,3102 m<sup>2</sup>
- Número total de placas 49

b) Producto:

- Superficie de intercambio 5,32 m<sup>2</sup> (sobredimensionado 6 m<sup>2</sup>)
- Potencia del intercambiador 313,6 kW
- Altura 940 mm
- Anchura 330 mm
- Superficie por cada placa 0.3102 m<sup>2</sup>
- Número total de placas 20

Finalmente llegamos a la conclusión de que se necesitan un total de 70 placas y dos unidades de intercambiadores, el tipo de intercambiador elegido es de la marca Alfa Laval modelo M6MFD con placas de titanio y con las medidas señaladas anteriormente.

Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

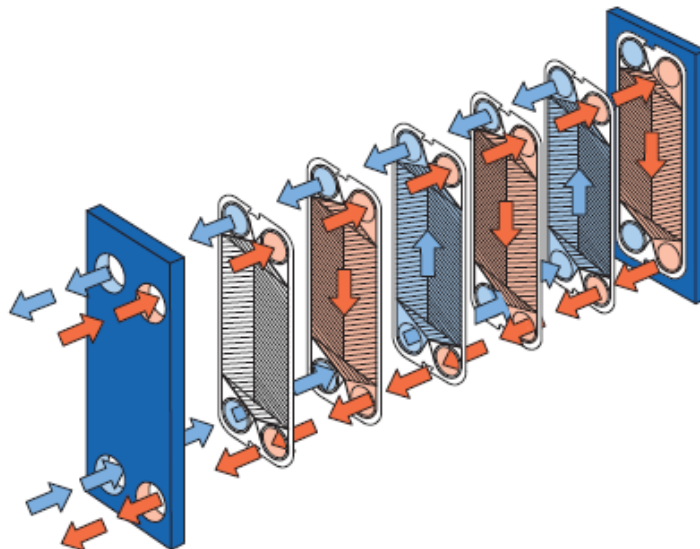


Ilustración 10 Intercambiador de placas [18]

### 6.2.3 Equipo de bombeo

Para el bombeo de las diferentes corrientes se dispondrá de bombas centrífugas, se necesitarán bomba de alimentación, bomba de salmuera, bomba de destilado y bomba de recirculación, los caudales de cada una de las bombas varían de un total de cuatro bombas.

#### 6.2.3.1 Elección de las bombas

Se elige un modelo de electrobomba centrífuga modelo ROCA PC-1045 de 400 V trifásica de 3 CV con capacidad de 6-15 m<sup>3</sup>/h (0.8-3.5 kg/s) monobloc con acoplamiento de motor directo, cuerpo de bomba con aspiración axial y orificio de impulsión vertical-radial dicha bomba satisface las necesidades de caudales de cada una de las corrientes de la planta.

Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.



Ilustración 11 Bomba centrífuga [19]

#### **6.2.4 Extracción de incondensables**

La desalinizadora estará dotada de un equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, su funcionamiento consiste en que se realiza una extracción de vapor en la zona del evaporador, dicha extracción se conduce a un condensador, donde el medio condensante será una parte del agua de mar de alimentación, el vapor se condensa y en su parte superior está conectado a un eyector que succiona los incondensables enviándolos al exterior, el condensado volverá a la zona de agua destilada y el agua de mar aumenta su energía debido al intercambio de calor.

Cabe señalar que la proporción del caudal que circula por este condensador es despreciable respecto a los caudales principales de la instalación, por lo que a la hora de realizar los cálculos no se tienen en cuenta ya que la variación se puede considerar despreciable.

El fluido que circule por el eyector para crear el efecto Venturi necesario puede tratarse de vapor o de agua de mar, según la disponibilidad en cada caso.

El eyector es un dispositivo que mantiene el vacío, generalmente alimentado por vapor o por el propio agua de alimentación, que no tiene partes móviles y que es capaz de alcanzar presiones absolutas de entre 1 micrón y 30 pulgadas de Hg.

El principio de funcionamiento es el siguiente: el fluido motriz es acelerado en una tobera convergente-divergente, convirtiendo la presión en velocidad. Debido al efecto Venturi, la presión en la descarga es muy baja, produciendo una succión del fluido aspirado en la cámara de mezcla. La mezcla del fluido motriz y aspirado es introducida en el difusor, donde se transforma la velocidad en presión, obteniendo en la descarga una presión intermedia entre la del fluido motriz y el impulsado.

El eyector está formado básicamente por tres elementos: Cámara de aspiración, tobera y difusor de mezcla.

#### 6.2.4.1 Elección del eyector

Se elige finalmente un eyector proporcionado por Equirepsa según las presiones y temperaturas de trabajo requeridas de acero inoxidable 316 el cual es suministrado con la bomba de circulación y el condensador por la propia empresa [20].

Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

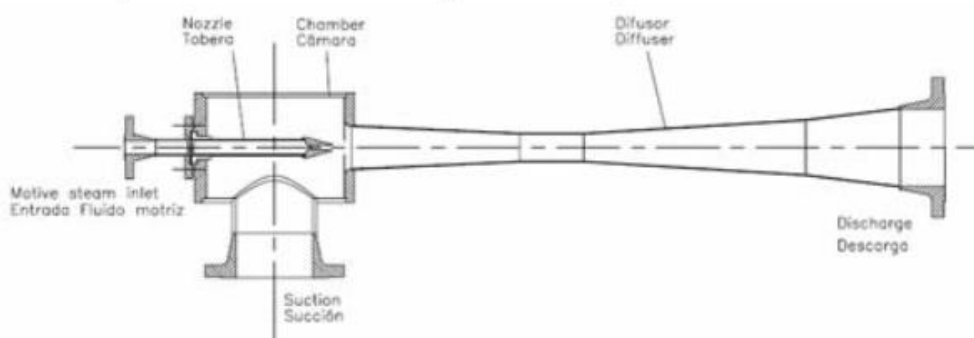


Ilustración 12 eyector exhaustor [20]

### **6.2.5 Célula salinométrica**

La célula salinométrica colocada en la línea de descarga de la bomba de extracción de destilado, analiza toda el agua producida, asegurándose de que solamente el agua de calidad adecuada es conducida al tanque. Dicha célula está conectada con un salinómetro situado en el interior del cuadro eléctrico el cual suministra información del contenido de sal (indicador de salinidad). Si la calidad del agua es inferior a la deseada la célula detecta esta situación y envía una señal a la unidad salinométrica que activa la situación de alarma abriendo la válvula solenoide de recirculación.

#### **6.2.5.1 Elección de la célula salinométrica**

Se elige un equipo de Alfa Laval modelo SL 3005 con las siguientes características [21]:

- Alimentación 180V / 250V AC 50-60Hz
- Potencia 880 W
- Rango de salinidad 0.0-0.199 ppm con alarma ajustable entre dichos rangos
- Temperatura ambiente 0-50 °C
- Unidad del electrodo El electrodo consta de un sensor de bronce con rosca de 1/2" y está dispuesto de manera que es fácilmente desmontables para llevar a cabo inspecciones rutinarias.
- El salinómetro está alojado en un contenedor de plástico. La centralita electrónica se encuentra en la parte baja de la caja de plástico. A continuación se encuentra una conexión eléctrica para el suministro de energía y la transferencia de datos del equipo.

Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

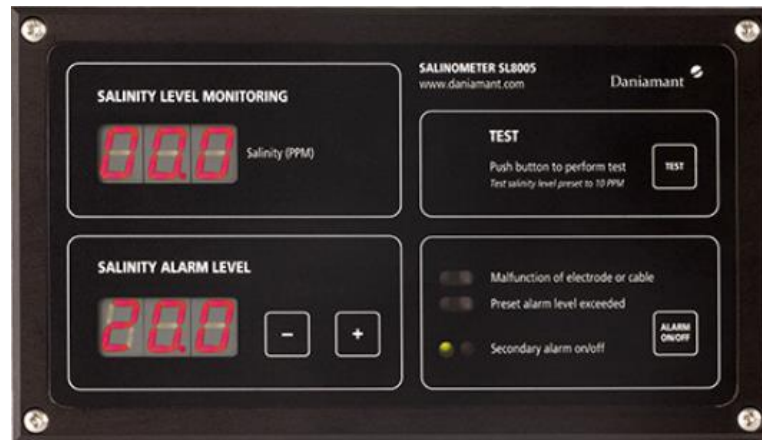


Ilustración 13 Display salinómetro [21]

### 6.2.6 Virola central

Esta pieza es la carcasa que alberga en su interior al evaporador/condensador y el baño de salmuera. Para facilitar la entrada y salida de los distintos flujos está dotada de varias tubuladuras en las cuales irán acopladas las bridas correspondientes. Para la construcción de este elemento cilíndrico se necesita soldar distintas piezas y conseguir las dimensiones deseadas. Al estar en contacto directo con agua marina y vapor, el material de construcción más recomendable es acero inoxidable AISI 316.

El objeto del presente TFG no es el diseño exhaustivo de la estructura de manera detallada, por lo que a continuación se describirán brevemente los elementos que la componen sin entrar en cálculos estructurales ni en la elaboración de sus correspondientes planos. En cambio sí se han calculado las dimensiones del intercambiador, es decir, la superficie de intercambio necesaria para llevar a cabo el proceso, con lo cual se calcula: diámetro, longitud y número de tubos necesarios, por lo cual, a partir del resultado obtenido del volumen que ocupa el intercambiador se procede a una estimación de las dimensiones de la virola central y así poder realizar un

cálculo estimado de la cantidad de material requerido para la consecución de la planta.

#### **6.2.6.1 Dimensionado de la virola**

Como se ha explicado anteriormente gracias al área calculada a partir del modelo matemático para una producción de 90 m<sup>3</sup>/d se calcula el volumen ocupado por el intercambiador de la siguiente manera:

- Área del evaporador 448,3 m<sup>2</sup>
- Longitud de tubos 5 m
- Diámetro de los tubos 0.0244 m
- Superficie por cada tubo 0.39 m<sup>2</sup>
- Número de tubos 987 ud.
- Superficie ocupada por cada tubo 0.000625 m<sup>2</sup>
- Superficie ocupada por el total de tubos 0.62 m<sup>2</sup>

A partir de estos cálculos, para albergar en su interior el haz tubular y los demás componentes se llega a la conclusión de que las medidas de la virola central rondarán los 1.2 m de diámetro por 6 m de largo dando un total de 25 m<sup>2</sup> de superficie de chapa de acero inoxidable AISI 316, a los cuales sumaremos otros 25 m<sup>2</sup> para las divisiones internas y los soportes del haz tubular, como resultado se obtienen 50 m<sup>2</sup> de chapa necesaria para su construcción.

Finalmente se procederá a incluir los resultados en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

Los elementos principales de la virola central son:

#### **6.2.6.2 Tapa posterior**

Es un elemento constructivo que funciona como tapa en la parte posterior de la virola central y separa el habitáculo del intercambiador de la parte posterior.

#### **6.2.6.3 Haz tubular**

Es elemento de mayor importancia del conjunto. Está formado por tubos de acero inoxidable AISI 316, por el interior de los cuales fluye el vapor comprimido, por la placa tubular fija, la placa tubular flotante, las pantallas

soporte y por los tirantes, de acero inoxidable AISI 316, que rigidizan el conjunto.



Ilustración 13 Haz tubular [2]

#### **6.2.6.4 Soporte haz tubular**

Su misión consiste en servir de apoyo al haz tubular por medio de las pantallas soporte. El material es acero inoxidable AISI 316. Se encuentran soldadas a la virola central y tienen una abertura que permite a la salmuera fluir hasta la salida. Entre soportes se encuentran soldadas las barras de deslizamiento, que permiten el deslizamiento del haz tubular durante su extracción o introducción.

#### **6.2.6.5 Placa tubular fija**

La placa tubular fija se encuentra fijada entre la virola central y la anterior. A parte de los taladros para los tubos del intercambiador y los tirantes, tiene un par cáncamos de extracción, así como la unión entre tubos y placa mediante un ranurado y expansionado, que evita pérdidas por dichos puntos.

#### **6.2.6.6 Junta brida-virola**

Es una junta de estanqueidad que se obtiene a partir de una plancha de NOVAPHIT VS de EPIDOR, que resiste en ambientes marinos y vapores, sin perjudicar la calidad del producto. El proceso de obtención es el mismo para todas las juntas, así como sus características.

#### **6.2.6.7 Soporte desalinizadora**

Soporte sobre el que se apoya la parte central de la desalinizadora y permite que pueda descansar sobre la estructura metálica. Está formado por dos partes que se sueldan una vez se colocan en la virola central. Se obtiene soldando distintas chapas de acero inoxidable AISI 316.



### 6.2.6.8 Estructura

La estructura soporta todo el conjunto de la desalinizadora. La razón de su construcción es elevar el conjunto para tener suficiente altura en la cabeza de aspiración de las bombas. Está formada por perfiles de acero soldados.



Ilustración 14 Virola central y estructura [2]

### 6.2.7 Módulo de automatización y control

Los módulos opcionales de automatización y control del movimiento programables con PLC ofrecen control de alto rendimiento a través de una serie de técnicas de programación para aplicaciones de movimiento y automatización en general.

#### 6.2.7.1 Elección del módulo

El módulo SM-Applications Lite V2 Lite está diseñado para proporcionar control programable en las aplicaciones con accionamientos independientes o cuando el accionamiento está conectado a un controlador centralizado a través de E/S o de bus de campo. SM-Applications Lite puede programarse mediante la lógica ladder con SyPTLite o puede aprovechar todas las capacidades de automatización y movimiento contenidas en SyPTPro. Incluye:

Configuración potente y sencilla: SM-Applications Lite permite afrontar los problemas de automatización, desde simples fallos de secuencia de marcha/paro con un solo accionamiento hasta aplicaciones más complejas de control de máquinas y movimientos.

Control en tiempo real: SM-Applications Lite proporciona acceso en tiempo real a todos los parámetros del accionamiento, además de acceso a los datos de E/S y de otros accionamientos. El módulo utiliza un sistema operativo multitarea de alta velocidad con tiempos rápidos de actualización de tareas de hasta 250  $\mu$ s. Las tareas se sincronizan con los propios bucles de control de los accionamientos para obtener el mejor rendimiento posible en control y movimientos.



Ilustración 15 Módulo de automatización [25]

### 6.2.8 Cuadro eléctrico

En cuanto al cuadro eléctrico y la instalación se han desarrollado los esquemas unifilares en el (Anexo I Planos), a partir de dichos esquemas se montaría la instalación y el cuadro en conexión con el PLC y los sensores de los parámetros de la planta consiguiendo así el funcionamiento de la planta dentro de los valores requeridos a partir de la programación ejecutada en el PLC.

Finalmente se procederá a incluir un cuadro eléctrico en el programa Menfis (Anexo IV) para elaborar el presupuesto.

### 6.3 Modelo matemático

La modelización ha sido basada en el libro “Fundamentals of Salt Water Desalination” [24] el cual se encuentra referenciado en la bibliografía consultada, además, para completar los cálculos y realizar un trabajo más preciso se han utilizado conocimientos transversales adquiridos durante la realización del grado a lo largo de estos años, cabe señalar que dichos conocimientos han sido de gran ayuda y se han visto reforzados consolidándose así la formación recibida.

Entre las principales materias que han colaborado a la consecución de tal fin podríamos destacar: termodinámica, termotecnia, transmisión de calor, generadores, calderas, turbinas, máquinas de frío, máquinas eléctricas y técnicas energéticas.

#### 6.3.1 Modelización del proceso

Para la modelización de este proceso se asumirán una serie de simplificaciones que permitirán una resolución la cual no requiere el empleo de métodos iterativos que complicarían en gran medida el proceso, los valores arrojados de esta manera serán muy aproximados y a su vez suficientemente útiles para llevar a cabo una rápida evaluación de operación y diseño.

Las simplificaciones asumidas son las siguientes:

- Áreas de intercambio de precalentadores diferentes.
- Los coeficientes de transmisión de calor en evaporador e intercambiadores se consideran constantes (no iguales).
- Igual temperatura para los flujos de calentamiento de efluentes en los precalentadores.
- El calor específico para las distintas corrientes se considera constante y con un valor de 4,2 kJ/kg °C.
- El calor latente de vaporización y condensación se toma como función de la temperatura.
- Se desestima el aumento del punto de ebullición.
- Se considera el destilado libre de sal.
- La potencia de vaporización se considera constante y proporcional a la diferencia de temperaturas de vaporización y condensación.

6.3.1.1 **Balances de materia**, siendo (M) caudal másico, (f) agua de alimentación una vez precalentada, (d) agua dulce, (b) salmuera.

- $M_f = M_d + M_b$  **(6.3.1.1.1)**

- $M_f * X_f = M_b * X_b$  **(6.3.1.1.2)**

Siendo (X) la salinidad en ppm. A su vez podemos decir que:

- $M_b = M_d * \frac{X_f}{X_b - X_f}$  **(6.3.1.1.3)**

Análogamente se establece la relación entre  $M_f$  y  $M_d$ :

- $M_f = M_d * \frac{X_b}{X_b - X_f}$  **(6.3.1.1.4)**

### 6.3.1.2 **Balances de energía en evaporador y precalentadores:**

El agua de alimentación es dividida en dos corrientes:

- $\alpha * M_f$  Para el precalentador de condensado.
- $(1 - \alpha) * M_f$  Para el precalentador de salmuera.

La potencia térmica en los intercambiadores, (Q), es función de la temperatura (T) de agua de mar, siendo f la del agua precalentada y cw la del agua de mar.

$$\bullet Q_h = M_f * C_p * (T_f - T_{cw}) \quad (6.3.1.2.5)$$

Se sustituye  $M_f$  de la ecuación (4) en la ecuación (5):

$$\bullet Q_h = M_d * C_p * \frac{X_b}{X_b - X_f} * (T_f - T_{cw}) \quad (6.3.1.2.6)$$

La ecuación (5) puede ser escrita en términos de carga térmica del vapor condensado y de la salmuera de rechazo:

$$\bullet Q_h = M_d * C_p * (T_d - T_0) + M_b * C_p * (T_b - T_0) \quad (6.3.1.2.7)$$

$M_b$  de la ecuación (3) se sustituye en la ecuación (7):

$$\bullet Q_h = M_d * C_p * (T_d - T_0) + M_d * M_d * \frac{X_f}{X_b - X_f} * C_p * (T_b - T_0) \quad (6.3.1.2.8)$$

Con la ecuación (6) y la (8) tenemos:

$$\bullet M_d * C_p * (T_d - T_0) + M_d * M_d * \frac{X_f}{X_b - X_f} * C_p * (T_b - T_0) = M_d * C_p * \frac{X_b}{X_b - X_f} * (T_f - T_{cw}) \quad (6.3.1.2.9)$$

Simplificando la ecuación (9) se calcula  $T_0$ :

$$\bullet T_0 = (T_{cw} - T_f) + \frac{X_f}{X_b} * T_b + \frac{X_b - X_f}{X_b} * T_d \quad (6.3.1.2.10)$$

En el evaporador se suministra calor al agua de alimentación incrementando su temperatura desde  $T_f$  hasta  $T_b$ . El calor latente se necesita para alcanzar  $T_b$ , energía suministrada por el calor latente de condensación por el vapor a  $T_d$  y el sobrecalentado a  $T_s - T_d$ . La potencia térmica de vaporización, ( $Q_e$ ), viene dada por:

- $Q_e = M_f * C_p * (T_b - T_f) + M_d * L_b$  **(6.3.1.2.9)**
- $Q_e = M_d * L_d + M_d * C_{pv} * (T_s - T_d)$

Siendo  $Cl_b$  y  $Cl_d$  calor latente de vaporización a  $T_b$  y de condensación a  $T_d$ . El  $M_f$  de la ecuación (4) se sustituye en la ecuación (11):

- $M_d * \frac{X_b}{X_b - X_f} * C_p * (T_b - T_f) + M_d * L_b = M_d * L_b + M_d * C_{pv} * (T_s - T_d)$  **(6.3.1.2.12)**

La ecuación (12) se simplifica para obtener  $T_f$ :

- $T_f = \frac{X_b - X_f}{X_b} * \left( \frac{L_b - L_d}{C_p} - \frac{C_{pv}}{C_p} * (T_s - T_d) \right) + T_b$  **(6.3.1.2.10)**

### 6.3.1.3 Superficie de intercambio del evaporador y condensador.

La superficie de intercambio del evaporador, ( $A_e$ ), se calcula mediante la potencia térmica y el coeficiente de transmisión de calor, ( $U_e$ ). La potencia térmica del evaporador es la suma del calor latente de formación de vapor a  $T_b$  y el calor sensible añadido al agua de alimentación desde  $T_f$  a  $T_b$ . La conducción se asume equivalente a la diferencia  $T_d - T_b$ .

El área de transferencia del evaporador es:

- $A_e = \frac{M_d * Cl_b + M_f * C_p * (T_b - T_f)}{U_e * (T_d - T_b)}$  **(6.3.1.3.14)**
- $A_e = \frac{M_d * Cl_d + M_d * C_{pv} * (T_s - T_d)}{U_e * (T_d - T_b)}$

Para el cálculo del coeficiente global de transmisión de calor usaremos la correlación de El-Dessouki et al (1998), para evaporadores de película descendente de tubos horizontales con condensación dentro de los tubos y que tiene en cuenta incrustaciones con una resistencia de  $0.08m^2 \cdot ^\circ C/kW$

$$\bullet U_e = (1,9695 + 1,2057 \cdot 10^{-2} \cdot (T_d) - 8,5989 \cdot 10^{-5} \cdot (T_d)^2 + 2,5651 \cdot 10^{-7} \cdot (T_d)^3) \quad (6.3.1.3.12)$$

#### 6.3.1.4 Superficie de intercambio de los precalentadores.

Para el cálculo de las superficies de intercambio de ambos precalentadores se procede de igual manera que en el caso anterior, pero en este caso usamos la diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD), de manera que las ecuaciones son las siguientes:

$$\bullet A_d = \frac{M_d + C_p \cdot (T_d - T_0)}{U_d \cdot (LMTD)_d} = \frac{\alpha \cdot M_f \cdot C_p \cdot (T_f - T_{cw})}{U_d \cdot (LMTD)_d} \quad (6.3.1.4.13)$$

$$\bullet A_b = \frac{M_b + C_p \cdot (T_b - T_0)}{U_b \cdot (LMTD)_b} = \frac{(1 - \alpha) \cdot M_f \cdot C_p \cdot (T_f - T_{cw})}{U_b \cdot (LMTD)_b} \quad (6.3.1.4.17)$$

La  $(LMTD)_d$  se define como:

$$\bullet (LMTD)_d = \frac{(T_d - T_f) \cdot (T_0 - T_{cw})}{\ln \frac{T_d - T_f}{T_0 - T_{cw}}} \quad (6.3.1.4.14)$$

La  $(LMTD)_b$  se define como:

$$\bullet \quad (LMTD)_b = \frac{(T_b - T_f) * (T_0 - T_{cw})}{\ln \frac{T_b - T_f}{T_0 - T_{cw}}} \quad (6.3.1.4.15)$$

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor usaremos la siguiente fórmula, aplicable a ambos intercambiadores de placas:

$$\bullet \quad \frac{1}{U} = \frac{1}{h_{in}} + \frac{1}{h_{out}} + \frac{Th_{plate}}{km} + FF \quad (6.3.1.4.20)$$

Dónde  $h_{in}$  y  $h_{out}$  son los coeficientes de convección de las corrientes de entrada y salida del sistema respectivamente,  $Th_{plate}$  es el grosor de las placas del intercambiador,  $km$  el coeficiente de transmisividad térmica del material de las placas y  $FF$  el coeficiente del factor de suciedad del intercambiador.

Para el cálculo de los coeficientes de convección usamos la siguiente fórmula:

$$\bullet \quad h = 0,4 * \left(\frac{k}{De}\right) * (Re)^{0,64} * (Pr)^{0,4} \quad (6.3.1.4.17)$$

Donde  $De$  es el diámetro equivalente que en los intercambiadores de placas se calcula como el doble del ancho de las placas, el número de Prandtl se puede obtener a partir de tablas, en este estudio usaremos el programa EES, el número de Reynolds lo calculamos con la siguiente fórmula:

$$\bullet \quad Re = \left(\frac{\rho * C * De}{\mu}\right) \quad (6.3.1.4.18)$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido,  $C$  es la velocidad de la corriente,  $De$  diámetro equivalente y  $\mu$  es la viscosidad dinámica.



### 6.3.1.5 Parámetros de rendimiento:

Los parámetros de rendimiento en un proceso de MVC se pueden determinar en función de las siguientes variables:

- Consumo específico de potencia en kWhr/m<sup>3</sup>
- Superficie de intercambio de calor específica (sA)

### 6.3.1.6 La energía mecánica del compresor es:

$$\bullet W = \frac{ki}{ren*(ki-1)} * P_{in} * v_{in} * \left( \left( \frac{P_{in}}{P_{out}} \right)^{\left( \frac{ki-1}{ki} \right)} - 1 \right) \quad (6.3.1.6.19)$$

Donde  $w$  es el consumo específico de potencia,  $P$  es la presión,  $v$  es el volumen específico,  $ren$  es el rendimiento del compresor,  $ki$  es el factor de expansión isentrópica.

### 6.3.1.7 Área de intercambio específica.

El área de intercambio específica se obtiene sumando el resultado de las ecuaciones 14, 16, 17, el resultado de esta suma se divide por  $M_d$

$$\bullet sA = \frac{A_e + A_d + A_b}{M_d} \quad (6.3.1.7.20)$$

## 7 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La legislación existente en cuanto a la necesidad de realizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para un proyecto relacionado con la desalación hace referencia a la normativa correspondiente a cada comunidad autónoma. Por su parte, las autoridades supervisoras demandan cada vez más estudios de impacto ambiental en concordancia con la norma ISO 14000.

### 7.1 Problemática medioambiental de los vertidos de salmuera

En todo proceso de desalación se tiene una porción de agua que es rechazada y en el caso del agua de mar, este rechazo, la salmuera, es devuelta al mar. La cantidad de sal que tiene la salmuera es la misma que el agua extraída del mar, solo que se encuentra concentrada, ya que el caudal de rechazo es menor que el de aporte.

El problema de estos vertidos debe tratarse cuidadosamente dependiendo del tipo de proceso utilizado en la desalación y de las características del lugar donde se vierte la salmuera.

La planta desalinizadora proyectada tiene una conversión del 33%, por lo que partiendo de la base que el agua del mar tiene una concentración media de 38000 ppm, la salmuera resultante tendrá una concentración de 56987 ppm. Este vertido hipersalino no afecta de forma significativa a la fauna marina móvil, gracias a esa supuesta movilidad. Incluso hay experiencias de una mayor cuota de captura pesquera alrededor de los desagües de las plantas desalinizadoras. Sin embargo hay que tratar con especial atención la flora marina existente en el litoral, como pueden ser las praderas de "*Posidonia Oceánica*", una fanerógama marina endémica del Mediterráneo, que recubre los fondos con un calado de 5 a 40 metros, dependiendo de la transparencia del agua y la granulometría de los fondos marinos, de extraordinaria productividad y diversidad, pero a su vez de gran rareza. Tanto es así, que aparece en la lista de hábitats naturales de interés comunitario que es preciso proteger, según la Directiva del Consejo 92/43/CEE del 21 de Mayo de 1992 [22].

Es una especie con gran capacidad de producción de oxígeno y materia orgánica, permite la estabilización de sedimentos y protege la costa de la erosión. También es fuente de alimento y hábitat de numerosas especies, constituyendo una zona de reproducción y cría de organismos de interés comercial, por lo que su pervivencia es vital para las costas.

De entre las posibilidades de actuación en cuanto a la evacuación de la salmuera al mar no hay soluciones concluyentes, sobre todo en cuanto a la cuantificación del efecto de cada una de ellas sobre la flora marina, por lo que aquí se muestran las soluciones comúnmente adoptadas:

- Vertido directo al mar a través de ramblas y cauces. Esta posibilidad puede ser la más adecuada en zonas de corrientes y vientos considerables, ya que en zonas cercanas a la costa los oleajes y la mayor temperatura de las aguas favorecen la mayor dilución de las descargas de salmuera. Además, en las desembocaduras de los ríos no se forma de manera natural una pradera de Posidonia debido a los sedimentos aportados por la corriente fluvial que impiden su crecimiento.
- Construcción de emisarios submarinos que sobrepasen la pradera de Posidonia. No está muy claro si el efecto de la obra necesaria para construir el emisario es más perjudicial para la pradera que su vertido en la costa. Además, se han realizado estudios sobre la dilución de los emisarios submarinos contruidos específicamente para una mejor mezcla con el agua marina, pero la experiencia de laboratorio ha demostrado grandes diferencias con respecto a la dilución real en los fondos marinos, debido fundamentalmente al efecto de las corrientes marinas, oleaje, condiciones del fondo, etc., difícilmente reproducibles en condiciones de laboratorio.
- Utilización de emisarios ya existentes de aguas residuales. Se sabe que las aguas residuales urbanas (ARU) tienen un efecto más pernicioso para la flora marina que los rechazos de plantas desalinizadoras. Por lo tanto un mal menor puede ser verter dichos rechazos a colectores residuales o lugares anexos a ellos, en zonas ya previamente degradadas por el efecto de las ARU.

## 7.2 Otros vertidos

Aunque no tienen la misma importancia que los vertidos de salmuera, gracias a la ínfima relación de volúmenes evacuados pues la suma total de ellos no supone más del 1% del total, existen otro tipo de vertidos en una planta desalinizadora que se resumen aquí:

- Agua de lavado de los filtros de arena. Constituyen un agua muy cargada de arenas y materia orgánica.
- Aditivos provenientes del pretratado y post-tratamiento del agua bruta y producto. Normalmente es posible encontrar en pequeñas cantidades floculantes, antiincrustantes, anticorrosivos y biocidas en las aguas de rechazo. Su carácter poco degradable hace que deban ser controlados periódicamente. En el caso de plantas de destilación también se pueden tener ácidos para la corrección del pH y aditivos para evitar la generación de *scaling*, además de los productos anteriormente comentados. La cloración final en la desalación puede generar trihalometanos, y en ese caso debe ser evitada inmediatamente para evitar problemas sanitarios graves.

### **7.3 Otros impactos y consideraciones medioambientales**

Las plantas desalinizadoras acostumbran a tener un consumo elevado de energía. Tanto si consumen energía eléctrica como si utilizan energía térmica, las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y otros componentes derivados de la combustión de estas centrales térmicas debe compatibilizarse a la planta desalinizadora. Sólo en el caso de que la energía eléctrica utilizada en procesos de desalación sea de origen renovable no debe asignarse este impacto ambiental al proceso de desalinización.

Por lo que respecta a los otros posibles vertidos producidos por la desalinizadora, los niveles de cloro y otros productos empleados son controlados y monitorizados de forma continua para asegurar que se encuentran dentro de los niveles legales. Además, su efecto está muy mermado por la baja concentración final al llegar al mar debido a la dilución que sufren anteriormente.

## **8 NORMAS Y REFERENCIAS**

### **8.1 Disposiciones legales y normas aplicadas**

La legislación vigente fundamental sobre agua de consumo humano es el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero que entró en vigor el día 22 de febrero de 2003., por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

#### **8.1.1 Controles en el agua de consumo**

Existen cuatro grupos de parámetros considerados en la actual normativa de agua de consumo:

A: parámetros microbiológicos. Son indicadores de contaminación biológica de las aguas. El incumplimiento de los límites establecidos, puede ocasionar riesgos para la salud a corto plazo.

B: parámetros químicos. La contaminación química es una de las mayores preocupaciones de nuestro tiempo, y generalmente llega al medio acuático por las actividades industriales, agrarias, las aguas de tormenta y a través de los efluentes y vertidos de aguas residuales de origen urbano. Son contaminantes

orgánicos, inorgánicos, por naturaleza del terreno, por contaminación puntual o difusa, y en ocasiones debidos a subproductos generados en los tratamientos de potabilización.

C: parámetros indicadores. La presencia de estas sustancias, o las oscilaciones de algunos de estos parámetros, están relacionadas bien con la eficacia de tratamiento del agua y su control; bien con la percepción del agua a través de los sentidos (olor, color, sabor, gusto, también llamadas características organolépticas).

D: Radiactividad. La presencia de este tipo de contaminación en España se debe a la radiactividad natural procedente del terreno, y está restringida a determinados tipos de formaciones geológicas. Es más frecuente en las aguas subterráneas.

### **8.1.2 Aguas aptas para el consumo**

Se califica como agua apta para el consumo cuando no contiene ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana; y cumple con los requisitos especificados para los parámetros microbiológicos, químicos, indicadores de calidad y radiactivos.

Cuando cumple todo lo anterior, pero sobrepasa hasta ciertos niveles los valores para los parámetros indicadores de calidad (turbidez, color, sabor, etc.), el agua es apta para el consumo, con no conformidad en (un parámetro indicador).

Cuando existe un problema de calidad química del agua, y se necesita más de un mes para solucionarlo, podría darse el caso que durante ese tiempo la autoridad sanitaria autonómica autorizara a suministrar agua de consumo con uno o varios parámetros químicos con valores por encima del valor legal. Esos nuevos valores no deben suponer en ningún momento un riesgo para la salud. En estos casos la calificación sería: apta para el consumo, con excepción en (un parámetro químico).

### **8.1.3 Aguas no aptas**

Cuando no cumple con los requisitos anteriores, es un agua no apta para el consumo.

En el caso de alcanzar niveles muy altos los parámetros microbiológicos, químicos o radiactivos, la autoridad sanitaria podría considerar que es agua no apta para el consumo con riesgos para la salud.

#### **8.1.4 Normas UNE**

Para la elaboración de este proyecto se ha seguido las disposiciones de la Norma **UNE 157001** de Junio 2014, referente a los criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico, además se han seguido las disposiciones de otra serie de normas para consulta que son indispensables para la aplicación de esta norma y que se citan a continuación.

**UNE 1027**, Dibujos técnicos, Plegado de planos.

**UNE 1032**, Dibujos técnicos, Principios generales de representación.

**UNE1035**, Dibujos técnicos, Cuadro de rotulación.

**UNE 50132**, Documentación, Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos.

**UNE 82100-0**, Magnitudes y unidades, Parte 0, Principios generales.

**UNE 82100-1**, Magnitudes y unidades, Parte 1, Espacio y tiempo

**UNE 82100-3**, Magnitudes y unidades, Parte 3, Mecánica.

**UNE 82100-4**, Magnitudes y unidades, Parte 4, Calor.

**UNE 82100-11**, Magnitudes y unidades, Parte 11, Signos y símbolos matemáticos para su uso en las ciencias físicas y tecnologías.

**UNE-EN ISO 3098-0**, Documentación técnica de productos. Escritura. Requisitos generales. (ISO 3098-0: 1997)

**UNE-EN ISO 3098-2**, Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 2. Requisitos generales. (ISO 3098-2: 2000), Alfabeto latino, números y signos.

**UNE-EN ISO 3098-3**, Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 3. Alfabeto griego, Requisitos generales. (ISO 3098-3: 2000)

**UNE-EN ISO 3098-4**, Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 4. Signos diacríticos y particulares del alfabeto latino (ISO 3098-4: 2000)

**UNE-EN ISO 3098-5**, Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 5. Escritura de diseño asistida por ordenador (DAO), del alfabeto latino, las cifras y los signos (ISO 3098-5: 1997)

**UNE-EN ISO 5455**, Dibujos técnicos. Escalas (ISO 5455:1997)

**UNE-EN ISO 5456-1**, Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 1 sinopsis (ISO 5456-1:1996)

**UNE-EN ISO 5456-2**, Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Representaciones ortográficas. Parte 2 sinopsis (ISO 5456-2:1996)

**UNE-EN ISO 5456-3**, Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Representaciones axonométricas. Parte 2 (ISO 5456-3:1996)

**UNE-EN ISO 5457**, Documentación técnica de producto. Formatos y presentaciones de los elementos gráficos de las hojas de dibujo. (ISO 5457:1999)

**UNE-EN ISO 6433**, Dibujos técnicos. Referencia de los elementos. (ISO 6433-1981)

**UNE-EN ISO 9000**, Sistemas de gestión de calidad. Fundamentos y vocabulario.

**UNE-EN ISO 10209-2**, Documentación técnica de producto. Vocabulario. Parte 2: Términos relacionados con los métodos de proyección. (ISO 11442-11993)

## 8.2 Bibliografía

[1] Artículo Elsevier, A.M. Helal, " Desing of a solar- assisted mechanical vapor compresión (MVC) desalination unit for remote areas in the UAE " (January 2006)

[2] Proyecto final de Carrera, Alfred Recuerdo González, "Cálculo y diseño de una desaladora e integración en una central térmica de ciclo combinado" (Julio 2012)

[3] Definición de agua potable OMS. Consulta 2/02/2016

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/)

[4] Composición química y salinidad del agua de mar. Consulta 02/02/2016

<https://elaguademar.wordpress.com/tag/elementos-quimicos/>

[5] La desalinización: una opción a tener en cuenta, Juan Francisco Zúñiga Santana. Consulta 5/02/2016

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia26/HTML/articulo04.htm>

[6] Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Consulta 06/02/2016

<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>

[7] Multiple Stage Flash Processes. Consulta 06/02/2016

<http://www.sidem-desalination.com/Process/MSF/>

[8] Destilación por múltiple efecto (MED) . Consulta 09/02/2016

<http://www.mailxmail.com/curso-agua-desalacion-1-4/destilacion-8220-multiple-efecto-8221-med>



[9] Multi effect distillation with thermal vapor compression. Consulta 09/02/2016

<http://www.extremeix.com/Extremeix/Pages/MED%20Technology%20-%20Solar%20Desalination.html>

[10] Destilación solar. Consulta 09/02/2016

<http://hispagua.cedex.es/node/61332>

[11] Desalinización por congelación. Consulta 09/02/2016

<http://desalinizandoelaguakvp.blogspot.com.es/p/congelacion.html>

[12] Reverse Osmosis Water Consulta 09/02/2016

<http://www.reefnation.com/reverse-osmosis-water-distilled-water-question/>

[13] La desalinización del agua, electrodiálisis. Consulta 14/02/2016

<https://desalinizaciondelagua.wordpress.com/2014/07/14/electrodialisis/>

[14] Obtención de agua potable a partir de agua de mar por congelación – fusión. Autor: Maheri Contreras Fernandez. Tesis de máster UPC. Junio/2011

[15] Compresor centrífugo. Consulta 15/02/2016

<tecnologia-compresores.blogspot.com.es/2010/04/compresor-centrifugo.html>

[16] Soluciones de desalinización térmica para agua de mar. Consulta 15/02/2016

<http://www.ide-tech.com/es/solutions/desalination-es/thermal-desalination-med-mvc-es/7>

[17] Compressor Technology. Consulta 19/02/2016

<http://www.meco.com/industries/meco-biopharmaceutical/products/vapor-compression-stills/compressor-technology>

[18] Intercambiadores de placas Alfa Laval. Consulta 20/02/2016

[www.alfalaval.com/.../heat.../m6\\_pdleaflet\\_pct00115en.pdf](http://www.alfalaval.com/.../heat.../m6_pdleaflet_pct00115en.pdf)

[19] Bomba centrífuga. Consulta 20/02/2016

<http://www.directindustry.es/prod/emile-egger-cie-sa/product-62011-403904.html>

[20] Equipos de extracción de incondensables. Consulta 20/02/2016

<http://www.equirepsa.com/productos/eyectores/>

[21] Unidades de control Alfa Laval. Consulta 20/02/2016

<http://www.alfalaval.com/products/fluid-handling/automation/Control-unit/>

[22] Directiva del Consejo 92/43/CEE del 21 de Mayo de 1992. Consulta 23/02/2016

<https://www.boe.es/doue/1992/206/L00007-00050.pdf>

[23] Metalvin SL planchas de acero inoxidable. Consulta 23/02/2016

<http://www.metalvin.com/inoxidable/chapa-acero-inoxidable/>

[24] Fundamentals of Salt Water Desalination. Autor: H T El Dessouky. Edición Marzo del 2002.

[25] Opciones de automatización y movimiento. Consulta 25/02/20164

<http://www.emersonindustrial.com/es-ES/controltechniques/products/options/intelligenceoptionmodules/Pages/default.aspx>

### 8.3 Programas de edición cálculo y diseño

A continuación se muestra una lista de programas utilizados para la realización del presente TFG:

- “Microsoft office Word”: se ha utilizado como editor de texto y ecuaciones.
- “EES engineering equation solver”: se ha utilizado como herramienta fundamental de cálculo a nivel termodinámico del funcionamiento de la planta.
- “Autocad”: se ha utilizado para la creación de los planos esquemáticos de la planta y de su instalación eléctrica.
- “Menfis 8, mediciones y presupuestos”: se ha utilizado para realizar las mediciones y el presupuesto.
- “PHE Works”: se trata de un programa de cálculo de intercambiadores de calor de placas, se ha utilizado para comparar los resultados obtenidos calculados con el “EES” llegando a la conclusión de que los valores de una y otra manera calculados son muy próximos.

- “Thermal desalination process”: Se trata de un programa que calcula instalaciones de desalinización a partir de los parámetros de entrada y los requerimientos de la planta dando como resultado los valores más representativos de la planta, se ha utilizado, al igual que el “PHE Works” para comprobar los resultados obtenidos con el “EES”, y de igual manera los valores obtenidos son muy próximos.

## **9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este apartado se analizará el comportamiento general del sistema al variar otros parámetros de entrada susceptibles de oscilación tal y como se había marcado en los objetivos iniciales del presente TFG.

- Temperatura de agua de mar.
- Caudal de producto
- Salinidad.
- Presiones de trabajo de evaporador y condensador.
- Relación de compresión.

### **9.1 Variación de temperatura del agua de mar**

A la hora de realizar los cálculos se ha estimado una temperatura de agua de mar de 25°C, a continuación, mediante el “EES” variamos dicho valor entre los 10°C y los 25°C, pudiendo comprobar que los valores que cambian de manera significativa son las superficies de intercambio de los precalentadores manteniéndose los demás parámetros prácticamente constantes.

$T_0 = 10$ [C]	$T_0 = 15$ [C]	$T_0 = 20$ [C]	$T_0 = 25$ [C]
$A_b = 18,21$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 16,79$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 15,31$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 13,76$ [m <sup>2</sup> ]
$A_e = 463,3$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 463,3$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 463,3$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 463,3$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{product} = 7,159$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{product} = 6,6$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{product} = 6,022$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{product} = 5,426$ [m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_{brine} = 2,12$ [kg/s]	$\dot{m}_{brine} = 2,12$ [kg/s]	$\dot{m}_{brine} = 2,12$ [kg/s]	$\dot{m}_{brine} = 2,12$ [kg/s]
$\dot{m}_{product} = 1,018$ [kg/s]	$\dot{m}_{product} = 1,018$ [kg/s]	$\dot{m}_{product} = 1,018$ [kg/s]	$\dot{m}_{product} = 1,018$ [kg/s]
$\dot{m}_{seawater} = 3,204$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater} = 3,201$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater} = 3,197$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater} = 3,193$ [kg/s]
$\dot{m}_{seawater,1} = 1,061$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,1} = 1,062$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,1} = 1,063$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,1} = 1,064$ [kg/s]
$\dot{m}_{seawater,2} = 2,143$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,2} = 2,139$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,2} = 2,135$ [kg/s]	$\dot{m}_{seawater,2} = 2,129$ [kg/s]
$W_{especific} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{especific} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{especific} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{especific} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]

Tabla 6 Variación de la temperatura de agua de mar.

## 9.2 Variación del caudal de producto

Al realizar las variaciones en el caudal de producto requerido se ve como varían las superficies de intercambio y los caudales, los demás parámetros principales se mantienen constantes.

$\dot{V}_{\text{product}} = 50$ [m <sup>3</sup> /day]	$\dot{V}_{\text{product}} = 60$ [m <sup>3</sup> /day]	$\dot{V}_{\text{product}} = 80$ [m <sup>3</sup> /day]	$\dot{V}_{\text{product}} = 90$ [m <sup>3</sup> /day]
$A_b = 7,646$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,176$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 12,23$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 13,76$ [m <sup>2</sup> ]
$A_e = 257,4$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 308,9$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 411,8$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 463,3$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{product}} = 3,014$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,617$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 4,823$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 5,426$ [m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,178$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,413$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,884$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 2,12$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{product}} = 0,5656$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,905$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 1,018$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater}} = 1,774$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,838$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 3,193$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,591$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7092$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,9457$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 1,064$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,183$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,419$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,893$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 2,129$ [kg/s]
$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]

Tabla 7 Variación del caudal de producto.

### 9.3 Variación de la salinidad de agua de mar

Al variar la salinidad del agua de mar se puede observar como varían las superficies de intercambio, más significativamente la del evaporador.

$C_{\text{seawater}} = 3,5$ [%]	$C_{\text{seawater}} = 3,8$ [%]	$C_{\text{seawater}} = 4$ [%]	$C_{\text{seawater}} = 4,3$ [%]
$A_b = 9,176$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,214$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,239$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,276$ [m <sup>2</sup> ]
$A_e = 308,9$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 313,6$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 316,9$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 322,1$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{product}} = 3,617$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,627$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,634$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,644$ [m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,413$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,418$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,421$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,425$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,133$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,136$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,141$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7092$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7117$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7134$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7159$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,419$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,421$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,423$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,425$ [kg/s]
$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]

Tabla 8 Variación de la salinidad de agua de mar.

#### 9.4 Variación de presiones de trabajo, manteniendo la misma diferencia de presiones entre ambas

Se puede observar como varían las superficies de intercambio y el trabajo específico, señalar que para la elección de valores adecuados es preciso tener en cuenta las restricciones técnicas de los materiales para soportar las presiones negativas sin colapsar de acorde con espesores de chapa viables en

la consecución del proyecto, también es preciso trabajar con temperaturas lo suficientemente bajas como para evitar la formación de incrustaciones.

$p_{\text{evap}} = 0,28$ [bar]	$p_{\text{evap}} = 0,25$ [bar]	$p_{\text{evap}} = 0,3$ [bar]	$p_{\text{evap}} = 0,22$ [bar]
$p_{\text{cond}} = 0,32$ [bar]	$p_{\text{cond}} = 0,29$ [bar]	$p_{\text{cond}} = 0,34$ [bar]	$p_{\text{cond}} = 0,26$ [bar]
$A_b = 9,176$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 8,758$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,424$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 8,275$ [m <sup>2</sup> ]
$A_e = 308,9$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 279$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 329$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 249,4$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{product}} = 3,617$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,397$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,751$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,152$ [m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,413$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,415$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,412$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,417$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6797$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6782$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6806$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7092$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7105$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7085$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7118$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,419$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,418$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,42$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,417$ [kg/s]
$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 11,16$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 9,488$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 12,49$ [kWh/m <sup>3</sup> ]

Tabla 9 Variación de presiones de trabajo.

## 9.5 Variación de la relación de compresión

Al aumentar la relación de compresión se puede observar como disminuye significativamente la superficie de intercambio del evaporador, por el contrario, aumenta el trabajo específico, por lo que al igual que en los pasos anteriores, para la consecución óptima del proyecto se deberá diseñar la planta de manera equilibrada en cuanto a superficies de intercambio y trabajo específico.



$p_{\text{evap}} = 0,28$ [bar]	$p_{\text{evap}} = 0,28$ [bar]	$p_{\text{evap}} = 0,27$ [bar]
$p_{\text{cond}} = 0,32$ [bar]	$p_{\text{cond}} = 0,33$ [bar]	$p_{\text{cond}} = 0,32$ [bar]
$A_b = 9,176$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,402$ [m <sup>2</sup> ]	$A_b = 9,275$ [m <sup>2</sup> ]
$A_e = 308,9$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 242,8$ [m <sup>2</sup> ]	$A_e = 235,3$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{product}} = 3,617$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,555$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{\text{product}} = 3,485$ [m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,413$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,413$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{brine}} = 1,414$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6785$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{product}} = 0,6788$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater}} = 2,129$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7092$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7088$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 0,7092$ [kg/s]
$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,419$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,42$ [kg/s]	$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 1,419$ [kg/s]
$W_{\text{especific}} = 10,09$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 12,46$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$W_{\text{especific}} = 12,87$ [kWh/m <sup>3</sup> ]

Tabla 6 Variación de la relación de compresión.

## 10 CONCLUSIÓN FINAL

Una vez realizado el modelo matemático y teniendo en cuenta las limitaciones técnicas a partir de este TFG se puede conocer los valores de diseño de una planta MVC con una precisión suficiente para que resulte rentable y adecuada para las necesidades de producción.

En la siguiente ilustración se muestran los datos referentes a un estudio de una planta MVC llamado “Mechanical desalination systems -a case study” del autor Narmine H. Aly, Adel K. El-Fiqi de Enero del 2003 en el cual pone de manifiesto valores de datos calculados mediante un modelo matemático similar al que se ha realizado en este trabajo aunque el autor estima ciertos valores como pueden ser los coeficientes globales de transferencia de calor en los intercambiadores de salmuera y producto, Los autores de dicho trabajo comparan los valores calculados con los obtenidos en una planta real de la cual disponen en el “Laboratory of the Atomic Energy Authority of Egypt” y como se

puede observar dichos valores, en general, no varían significativamente, por lo cual y además habiendo comprado los resultados de este TFG con los que arrojan otras fuentes, como el programa “Thermal Desalination process” de El-Dessouky, mencionado anteriormente, se presume que los resultados del modelo matemático de este TFG son suficientemente precisos para los objetivos que se han marcado a la hora de la realización de este TFG.

	Calculated	Design data	Experimental data
$T_{\text{evaporator}}$ , °C	69.06	69.5	69.8
$P_{\text{evaporator}}$ , bar	0.312	0.3	0.35
$P_{\text{outlet}}$ , bar	0.4056	0.42	0.45
$M_{\text{brine}}$ , kg/h	321	420	415
$M_{\text{ch}}$ , kg/h	309	308	210
$T_{\text{feed}}$ , °C	69.42	69.5	68
$T_{\text{reject}}$ , °C	24.8	25	26
$U_{\text{evaporator}}$ , kW/m <sup>2</sup> °C	2.4	Not available	
$LMTD_{\text{es}}$ , °C	4.576	Not available	
$A_{\text{evap}}$ , m <sup>2</sup>	17.068	Not available	
$A_{\text{hx1}}$ , m <sup>2</sup>	1.187	Not available	
$A_{\text{hx2}}$ , m <sup>2</sup>	1.523	Not available	
$W_{\text{cp mp}}$ , kJ/kg	50.71	53.3	
$M_{\text{recirculated}}$ , kg/h	4635	6877	6000
$M_{\text{feed}}$ , kg/h	630	630	630
$M_{\text{feed 1}}$ , kg/h	309	245	Not available
$M_{\text{feed 2}}$ , kg/h	321	385	Not available
Product pump pressure, bar		1.5	1.1
Recycle pump pressure, bar		2.3	2.5
Production quality, µS/Siemens/cm		<30	<15

Tabla 11 Valores calculados y valores reales.

Una vez realizado el modelo matemático mediante el programa EES se puede simular una planta MVC variando parámetros de entrada como se ha expuesto en el apartado 9 del TFG, no sólo se podrían variar los descritos en dicho apartado si no que se podrían variar otros valores de entrada diferentes, incluso variar diversos valores a la vez y así observar la respuesta del sistema, lo que se ha mostrado en el punto 9 ha sido un ejemplo meramente representativo.

A efectos de cálculos en el anexo III se ha tratado de optimizar el rendimiento de la planta trabajando con los valores que según la bibliografía y el mismo modelo matemático indican que son más favorables para la realización de un proyecto viable y competitivo con una producción de 90 m<sup>3</sup>/d y así poder realizar un presupuesto en el anexo IV.

# “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## ANEXO I PLANOS

---

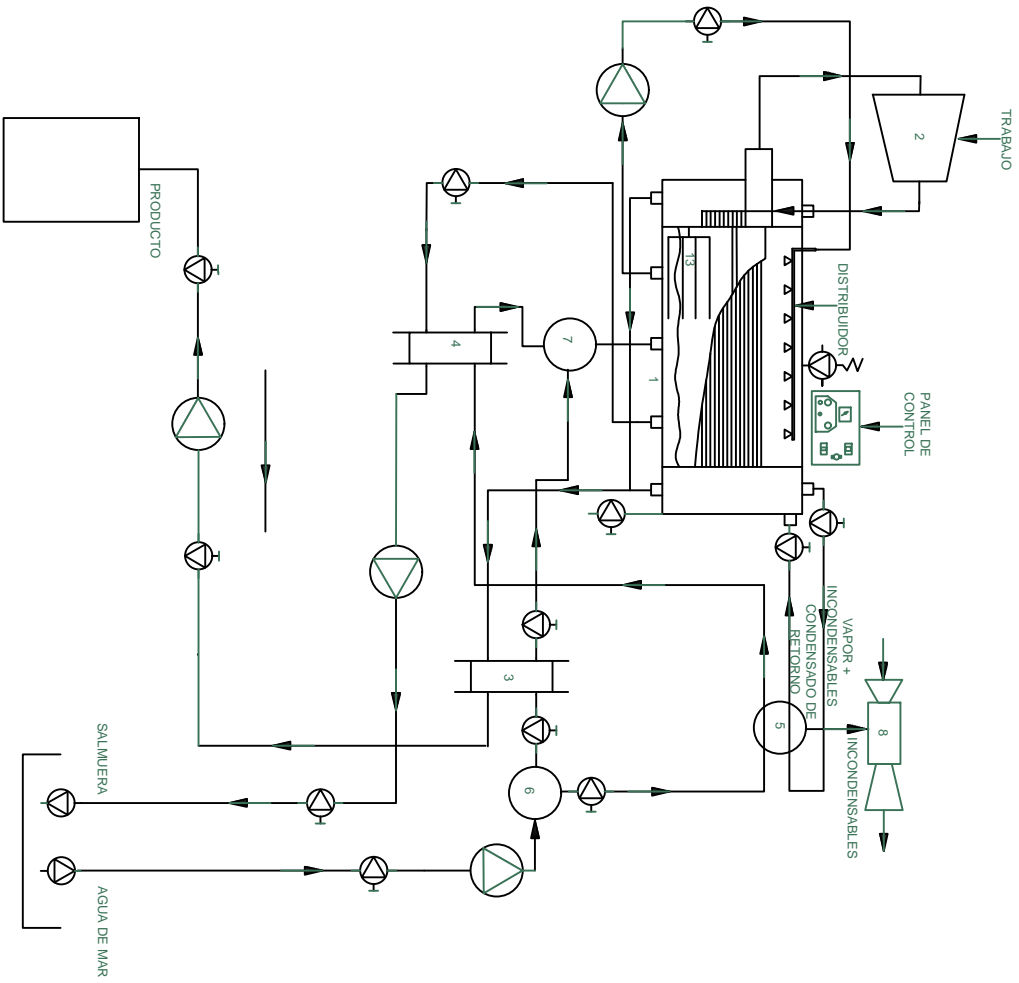


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

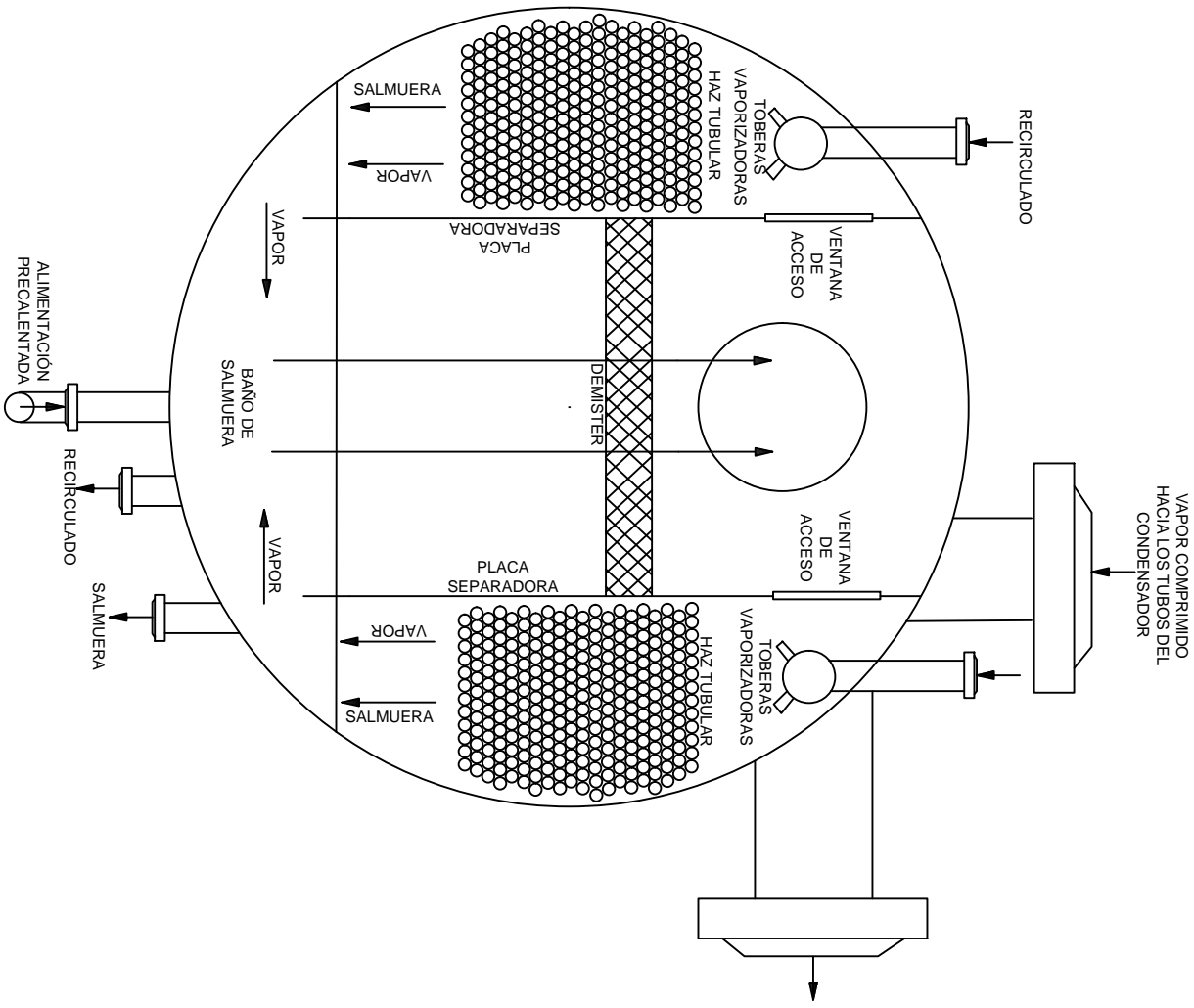
AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras

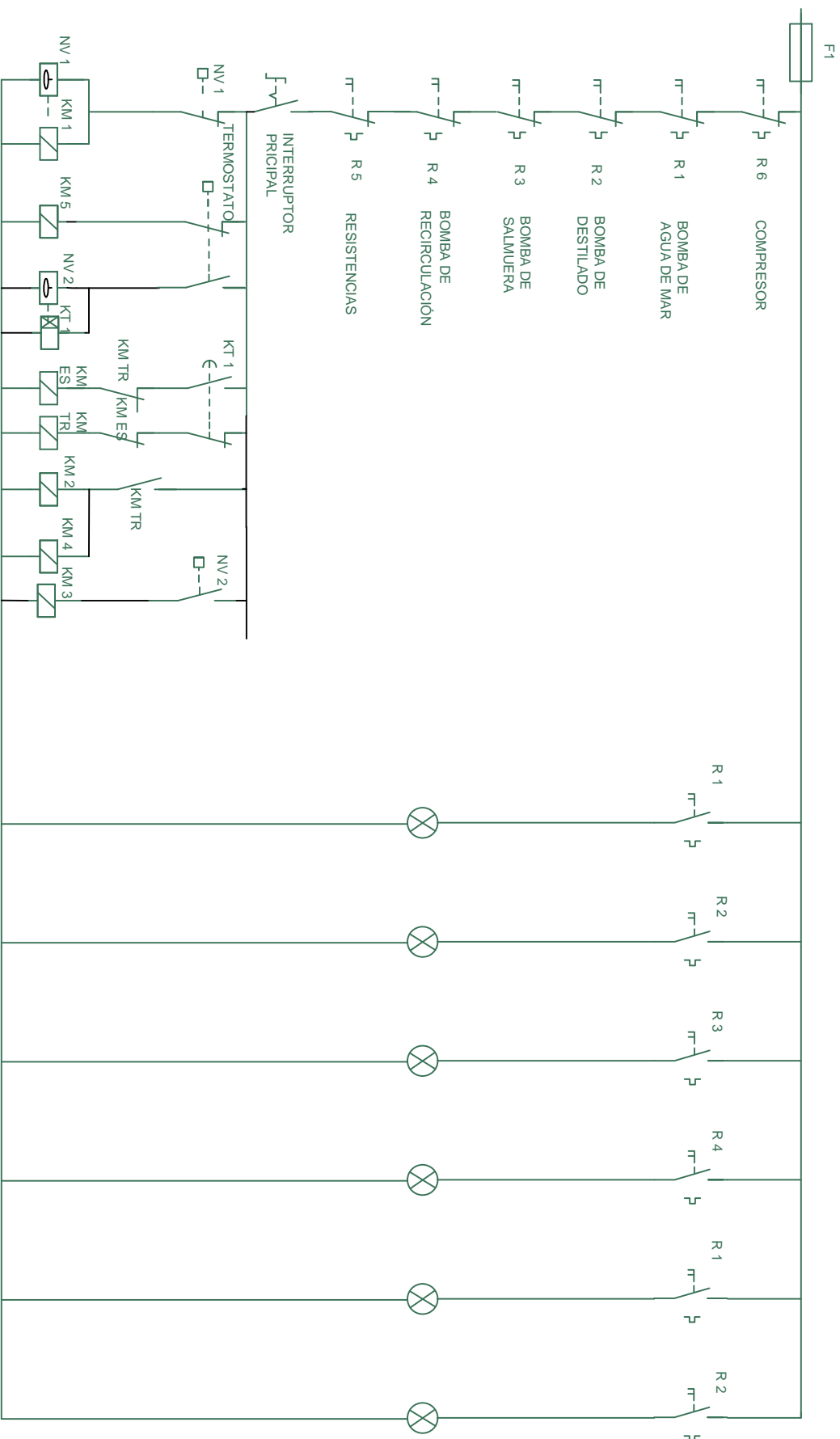


- LEYENDA
- 1 EVAPORADOR DE TUBOS HORIZONTALES
  - 2 COMPRESOR DE VAPOR
  - 3 INTERCAMBIADOR DE PLACAS DE PRODUCTO
  - 4 INTERCAMBIADOR DE PLACAS DE SALMUERA
  - 5 CONDENSADOR DE VIENTO
  - 6 DISTRIBUIDOR
  - 7 MEZCLADOR
  - 8 HIDROVECTOR DE AGUA DE MAR
  - 9 BOMBA DE PRODUCTO
  - 10 BOMBA DE AGUA DE MAR
  - 11 BOMBA DE SALMUERA
  - 12 BOMBA DE RECIRCULACION
  - 13 RESISTENCIAS DE ARRANQUE

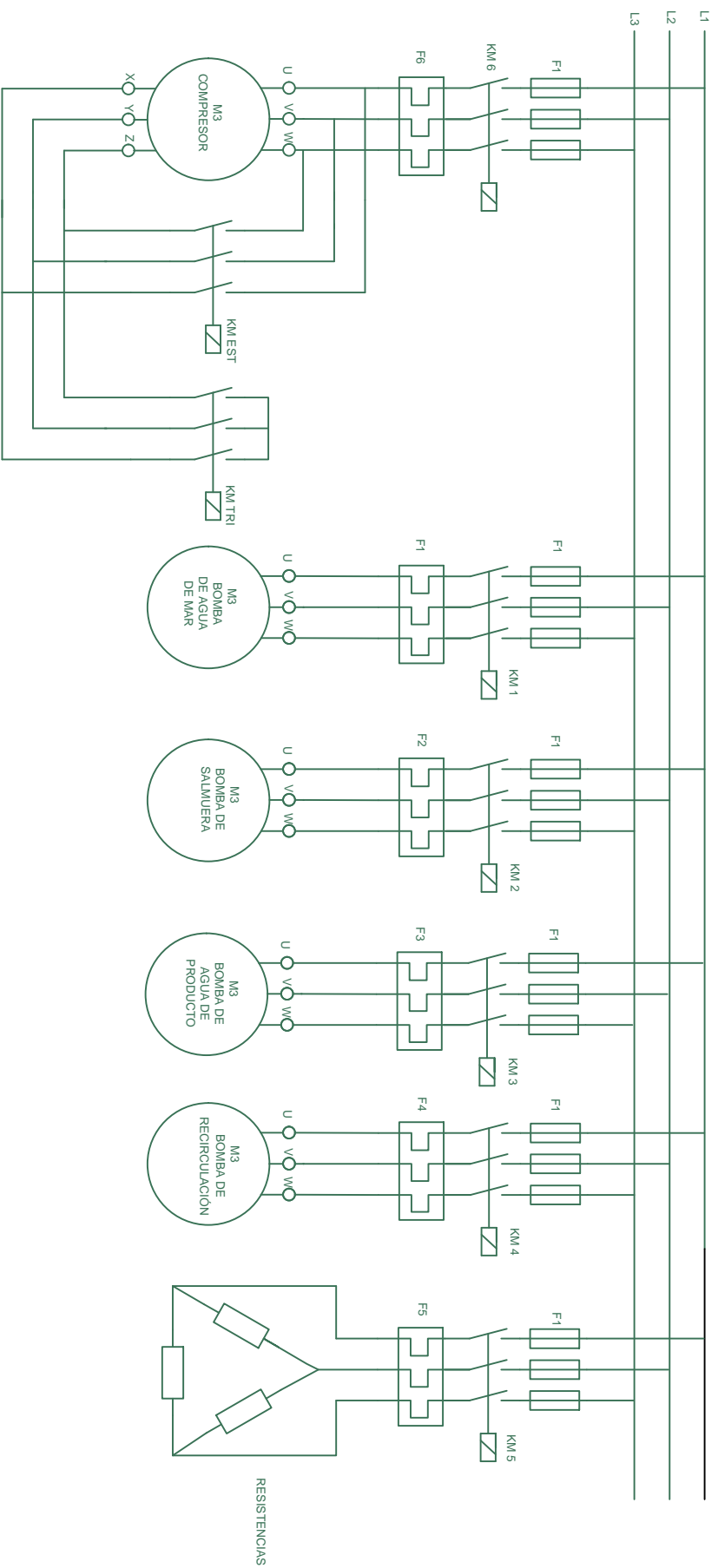
E.T.S.N.M.I.		TFG/GT/M/E-13-16	
INGENIERO MARINO ENERGÍA Y PROPULSIÓN			
TÍTULO DEL PROYECTO:			
ANÁLISIS DE UNA DESALINIZADORA POR MVC			
TÍTULO DEL PLANO:			
ESQUEMA SINÓPTICO DE DESALINIZADORA MVC			
AUTOR:		ESCALA:	
LUCAS DEL RÍO VALEIRAS		PLANO Nº: 1	
FIRMA:			



E.T.S.N.M.I.	TG9/GTME-13-16
INGENIERO MARINO ENERGÍA Y PROPULSIÓN	
TÍTULO DEL PROYECTO:	
ANÁLISIS DE UNA DESALINIZADORA POR MVC	
TÍTULO DEL PLANO:	FECHA: 09/11/2015
CORTE: VIROLA CENTRAL	ESCALA: 1:5
AUTOR:	FRMA:
LUCAS DEL RÍO VALERIAS	PLANO Nº: 2



E.T.S.N.M.	TFG/GT/ME-13-16
INGENIERO MARINO-ENERGIA Y PROPULSION	
TITULO DEL PROYECTO:	
ANÁLISIS DE UNA DESALINIZADORA POR MVC	
TITULO DEL PLANO:	FECHA:12/05/2016
ESQUEMA ELECTRICO DE MANDO	ESCALA:
AUTOR:	FIRMA:
LUCAS DEL RIO VALERIAS	PLANO N°: 1



E.T.S.N.M.I.		TFG/GTM/IE-13-16	
INGENIERO MARINO-ENERGIA Y PROPULSION			
TITULO DEL PROYECTO:		ANÁLISIS DE UNA DESALINIZADORA POR MVC	
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA:12/05/2016	
ESQUEMA ELÉCTRICO DE FUERZA		ESCALA:	
AUTOR:	FRMA:	PLANO Nº: 2	
LUCAS DEL RÍO VALEIRAS			

# “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## ANEXO II PLIEGO DE CONDICIONES

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras



---

<b>1</b>	<b>Contenido</b>	
2	PLIEGO DE CONDICIONES .....	2
2.1	Interpretación .....	2
2.2	Pliego de condiciones generales .....	3
2.2.1	Condiciones generales .....	3
2.2.2	Mandos y responsabilidades .....	4
2.2.3	Subcontratación.....	5
2.2.4	Reglamentos y normas.....	5
2.2.5	Materiales.....	5
2.2.6	Recepción del material .....	6
2.2.7	Organización. ....	7
2.2.8	Ejecución de las obras .....	8
2.2.9	Interpretación y desarrollo del proyecto.....	10
2.2.10	Variaciones del Proyecto.....	10
2.2.11	Obras complementarias .....	10
2.2.12	Modificaciones.....	11
2.2.13	Obra defectuosa .....	11
2.2.14	Medios auxiliares.....	12
2.2.15	Conservación de las obras .....	12
2.2.16	Subcontratación de obras.....	12
2.2.17	Recepción de las Obras .....	12
2.2.18	Responsabilidades. ....	14
2.2.19	Rescisión del contrato .....	14
2.3	Pliego de Condiciones Económicas .....	15
2.3.1	Mediciones y valoraciones de las obras .....	15
2.3.2	Abono de las obras.....	15
2.3.3	Precios .....	16
2.3.4	Revisión de precios .....	16
2.3.5	Precios contradictorios .....	16
2.3.6	Penalizaciones por retrasos .....	17

---

2.3.7	Liquidación en caso de rescisión del contrato .....	17
2.3.8	Fianza.....	17
2.3.9	Gastos diversos por cuenta del Cliente .....	17
2.3.10	Conservación de las obras durante el plazo de garantía.....	18
2.3.11	Medidas de seguridad .....	18
2.3.12	Responsabilidad por daños .....	18
2.3.13	Demoras.....	19
2.4	Pliego de condiciones facultativas.....	20
2.4.1	Normas a seguir .....	20
2.4.2	Personal .....	21
2.4.3	Condiciones de los materiales empleados.....	21

## **2 PLIEGO DE CONDICIONES**

### **2.1 Interpretación**

Definiciones y reglas de interpretación:

- Persona autorizada: cualquier representante, jefe de obra o director de la empresa.
- Comprador o cliente: la persona, empresa o compañía que compran equipos de desalinización.
- Comité de arbitraje comercial: un proceso de arbitraje llevado a cabo por las leyes Españolas de Arbitraje Internacional.
- Contrato: algún contrato entre la empresa y el comprador por la venta y compra de los equipos sometidos a las condiciones aquí descritas.
- Fecha de inspección y aprobado: es la fecha en la que el montaje y el ajuste de los equipos ha sido completado y el informe de aprobación ha sido firmado.

- Documentos de salida: significa el recibo de salida al ser enviado al Comprador.
- Productos: todos los componentes acordados en el contrato para ser suministrados al Comprador por la empresa.
- Derechos de propiedad intelectual: todos los copyright, todos los derechos de las bases de datos, los derechos de diseño, patentes, marcas comerciales y otros derechos de propiedad intelectual de naturaleza similar asociados con los productos.

## **2.2 Pliego de condiciones generales**

### **2.2.1 Condiciones generales**

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al Cliente, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación de la planta desalinizadora cuyas características técnicas se especifican en el siguiente trabajo.

La instalación objeto del trabajo consistirá en la ejecución de las obras necesarias para instalar de manera adecuada la planta desalinizadora proyectada, para evitar el deterioro de los materiales de la planta y otros equipos en la medida de lo posible a lo largo de los años de explotación.

La empresa está obligada al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente pliego.

## **2.2.2 Mandos y responsabilidades**

### **2.2.2.1 Jefe de obra**

Se dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente al cliente.

### **2.2.2.2 Vigilancias**

La empresa será la única responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

### **2.2.2.3 Limpieza**

La empresa mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho o desperdicios debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan.

- El comprador o cliente estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.
- Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas por parte de la empresa.
- Al finalizar la obra, esta se entregara completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.
- Será por cuenta del cliente el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de la oferta.

### **2.2.3 Subcontratación**

La empresa podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas dependiendo de la zona de navegación del buque, en todo caso la empresa responderá ante el cliente de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

Durante la ejecución de las obras, el cliente podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito a la empresa. Esta deberá sustituir al subcontratista sin que dicho cambio pueda originar derecho a compensación alguna en cuanto a precio o plazo de la obra.

### **2.2.4 Reglamentos y normas**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y normas citadas.

### **2.2.5 Materiales**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aún sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Jefe de obra que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Director de Proyectos, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

### **2.2.6 Recepción del material**

El Jefe de Obra de acuerdo con el Cliente dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

El control de calidad de obra correrá por cuenta de la empresa de acuerdo a la legislación vigente. Comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.
- Control de equipos o materiales suministrados a la obra.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

Una vez adjudicada la oferta, se enviará al cliente el Programa Garantía de Calidad de la obra. Todos los materiales deberán ser, como mínimo, de la calidad y características exigidas en los documentos del proyecto. Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el periodo de garantía, el Jefe de Obra junto con el Cliente detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir su reconstrucción o cambio de material. Todos los costes derivados de estas

tareas serán por cuenta de la empresa, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.

#### **2.2.6.1 Muestras**

El Jefe de Obra deberá presentar para su aprobación, muestras de los materiales a utilizar con la antelación suficiente para no retrasar el comienzo de la actividad correspondiente, la dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar su visto bueno o parar exigir el cambio si la pieza presentada si no cumpliera todos los requisitos. Si las muestras fueran rechazadas, deberán presentarse nuevas muestras, de tal manera que el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al plazo de ejecución de la obra. Cualquier retraso que se origine por el rechazo de los materiales será considerado como imputable a la empresa.

#### **2.2.7 Organización.**

La empresa actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo de la empresa a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Jefe de Obra, sin embargo, deberá informar al Director de Proyectos de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes de éste en relación con datos extremos.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que la empresa considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del Cliente, corriendo a cuenta propia del Cliente.

## **2.2.8 Ejecución de las obras**

### **2.2.8.1 Comprobación del replanteo**

En el plazo máximo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva al Cliente, se comprobarán en presencia del Director de Proyectos de la empresa y de un representante del Comprador, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose la correspondiente Acta de Comprobación del Reglamento.

Dicho Acta, reflejará la conformidad del replanteo a los documentos contractuales, refiriéndose a cualquier punto, que en caso de disconformidad, pueda afectar al cumplimiento del contrato. Cuando el Acta refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato.

### **2.2.8.2 Programa de trabajo**

En el plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, la empresa presentará el programa de trabajo de la obra, ajustándose a lo que sobre el particular especifique el Director de Proyectos, siguiendo el orden de obra que considere oportuno para la correcta realización de la misma, previa notificación por escrito a la dirección de lo mencionado anteriormente.

Cuando del programa de trabajo se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el Director de Proyectos, acompañándose la correspondiente modificación para su tramitación.



### **2.2.8.3 Comienzo**

La empresa estará obligada a notificar por escrito o personalmente de forma directa al Cliente la fecha de comienzo de los trabajos.

### **2.2.8.4 Plazo de ejecución**

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con el Cliente o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego. Como mínimo deberán ser decepcionadas las obras dentro del plazo establecido para ello en la planificación de este pliego.

La empresa presentará un plan de trabajos detallado, ajustado al plazo pactado, que se desglosará en tareas y tiempos de ejecución, que deberá ser aprobado por el Cliente, dicho plan se incorporará como anexo al contrato, formando parte integrante del mismo.

Si se observase un retraso en el cumplimiento del plan detallado aprobado por el cliente, éste podrá solicitar que se tomen las medidas oportunas para recuperar dicho retraso. El coste de estas medidas de recuperación será soportado por la empresa.

Si ocurriera un evento que se considere de acuerdo a la normativa española como causa de fuerza mayor, la empresa deberá notificar al Cliente tal circunstancia en el plazo máximo de dos días hábiles desde que este ocurra, indicando la duración prevista del problema y su incidencia en los plazos de ejecución de la obras (no se considerará causas de fuerza mayor los días de lluvia, agua, hielos, nevadas y fenómenos atmosféricos de naturaleza semejante).

Si la empresa cumple con la notificación del párrafo anterior, y toma las medidas oportunas para reducir al máximo la incidencia del evento de fuerza mayor, el Cliente autorizará la ampliación de los plazos de ejecución en el tiempo que dure la misma causa.

El incumplimiento de los plazos parcial o total de la terminación de las obras dará derecho al cliente a aplicar las penalizaciones establecidas.

### **2.2.9 Interpretación y desarrollo del proyecto**

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al Director de Proyectos. El Jefe de Obra está obligado a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darle solución lo antes posible.

La empresa se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto.

El Cliente está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

### **2.2.10 Variaciones del Proyecto**

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Proyectos sin variación del importe contratado.

### **2.2.11 Obras complementarias**

La empresa tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

### **2.2.12 Modificaciones**

La empresa está obligada a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 5% del valor contratado.

La valoración de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por la empresa y que ha sido tomado como base del contrato.

El Jefe de Obra de acuerdo con el Director de Proyectos, está facultado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y de modo que no varíe el importe total de la obra.

El Cliente no podrá, en ninguna circunstancia, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del Director de Proyectos. Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

### **2.2.13 Obra defectuosa**

Cuando el Cliente halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el Proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Director de Proyectos podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, este fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando la empresa obligado a correr con los gastos que ello conlleva. En el otro caso, ninguna reconstrucción será realizada ya que los derechos de propiedad del proyecto pertenecen por completo a la empresa.

#### **2.2.14 Medios auxiliares.**

Serán por cuenta del Cliente todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios.

En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del Cliente una vez finalizada la obra, pero no tendrá derecho a reclamación alguna por desperfectos a que en su caso haya dado lugar.

#### **2.2.15 Conservación de las obras**

Es obligación de la empresa la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por el cliente y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

#### **2.2.16 Subcontratación de obras**

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que, de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por la empresa, podrá este concretar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, previo conocimiento por escrito al Cliente. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo de la empresa.

#### **2.2.17 Recepción de las Obras**

##### **2.2.17.1 Recepción provisional**

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Jefe de Obra y un representante del cliente, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas.

De no ser admitidas, se hará constar en el acta y se darán instrucciones a la empresa para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que esto suponga gasto alguno para el Cliente.

#### **2.2.17.2 Plazo de garantía**

El plazo de garantía será de un año, contando de la fecha de la recepción provisional, o bien el que establezca el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este periodo, queda a cargo de la empresa la conservación de las obras y arreglos de desperfectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.

#### **2.2.17.3 Recepción definitiva**

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía o en su defecto a los doce meses de la recepción provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación de la empresa de conservar y reparar a su cargo las obras, si bien subsistirán las responsabilidades que pudieran derivarse de defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

#### **2.2.17.4 Contrato**

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto la empresa como el cliente deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

### **2.2.18 Responsabilidades.**

La empresa será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Jefe de Obra haya examinado y reconocido las obras.

La empresa es la única responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a bordo durante la instalación del sistema.

La empresa es la única responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

### **2.2.19 Rescisión del contrato**

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Quiebra de alguna de las dos partes del contrato.
- Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
- Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.

- Suspensión de las obras ya iniciadas.
- Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización al cliente o al Director de Proyectos.

## **2.3 Pliego de Condiciones Económicas**

### **2.3.1 Mediciones y valoraciones de las obras**

El Jefe de Obra verificará los planos y efectuará las mediciones correspondientes. En caso de hallar anomalías reclamará al Director de Proyectos y éste lo comunicará a la parte interesada.

El Jefe de Obras se pondrá de acuerdo con el Director de Proyectos y la parte interesada, volviendo a verificar las anomalías y en su caso se tomarán las medidas oportunas. Tal fin pretende asegurar la continuidad de las obras, sin que falte material para su ejecución y evitando de esta forma posibles retrasos.

### **2.3.2 Abono de las obras.**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

### **2.3.3 Precios**

La empresa presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto se fijará su precio entre el Director de Proyectos y el Director de Compras, antes de iniciar la obra, y se presentará al Cliente para su aceptación o no.

### **2.3.4 Revisión de precios**

En el contrato se establecerá si la empresa tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Director de Proyectos alguno de los criterios oficiales aceptados.

### **2.3.5 Precios contradictorios**

Si por cualquier circunstancia se hiciese necesaria la determinación de algún precio contradictorio, el Director de Proyectos lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto de este proyecto, quedando el Cliente obligado, en todo caso aceptarlos.



### **2.3.6 Penalizaciones por retrasos**

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

### **2.3.7 Liquidación en caso de rescisión del contrato**

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán a la empresa las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

### **2.3.8 Fianza**

En el contrato se establecerá la fianza que el cliente deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

La fianza retenida se abonará al Cliente en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

### **2.3.9 Gastos diversos por cuenta del Cliente**

El Cliente tiene la obligación de montar y conservar por su cuenta el adecuado suministro de elementos básicos como agua, energía eléctrica y cuanto uso personal para las propias obras sea preciso.

Son gastos por cuenta del Cliente, los correspondientes a medios auxiliares que se requieren para la correcta ejecución de la obra.

### **2.3.10 Conservación de las obras durante el plazo de garantía.**

Correrán por cuenta de la empresa los gastos derivados de la conservación de la obras durante el plazo de garantía. En este periodo, las obras deberán estar en perfectas condiciones, condición indispensable para la recepción definitiva de las mismas.

La empresa no podrá reclamar indemnización alguna por dichos gastos, que se suponen incluidos en las diversas unidades de obra.

### **2.3.11 Medidas de seguridad**

Tanto la empresa como el cliente deberán cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de éstas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato, donde vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

### **2.3.12 Responsabilidad por daños**

La empresa tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura la empresa como asegurada. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida a la empresa por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

Queda no obstante excluida toda prestación que deba ser objeto del seguro obligatorio de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, a los cuales, en ningún caso, esta póliza podrá sustituir o complementar.

Igualmente quedan excluidas las sanciones de cualquier tipo, tanto las multas, como los recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.

### **2.3.13 Demoras**

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación.

La empresa pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por el cliente.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que la empresa incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

- Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.
- Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

- Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 150€ la primera vez, aumentando en otros 150€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por el Cliente las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste a la empresa.

## **2.4 Pliego de condiciones facultativas**

### **2.4.1 Normas a seguir**

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.
- Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.
- Normas UNE.
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la compañía suministradora de los materiales.
- Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

## **2.4.2 Personal**

La empresa tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado, Jefe de Obra, recibirá cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Director de Proyectos.

La empresa tendrá en la obra, además del personal que requiera el Jefe de Obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. La empresa, estará obligada a separar de la obra a aquel personal de su empresa que a juicio del Jefe de Obra no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.

## **2.4.3 Condiciones de los materiales empleados**

Describiremos de la forma más completa posible, las condiciones que deben de cumplir los materiales que se emplearán en la construcción del proyecto, siendo los más adecuados para su correcto resultado final.

### **2.4.3.1 Admisión y retirada de materiales**

Todos los materiales empleados en este proyecto, y de los cuales se hará mención, deberán ser de la mejor calidad conocida dentro de su clase.

No se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. Esta misión será efectuada por el Jefe de Obra.

Se cumplirán todos los análisis, ensayos y pruebas con los materiales y elementos de obra que ordene el Jefe de Obra.

#### **2.4.3.2 Reconocimientos y ensayos previos**

Cuando lo estime oportuno el Director de Proyectos, podrá encargar y ordenar análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oportunos o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en el pliego.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el Director de Proyectos designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta de la empresa.

# “ANÁLISIS DE UNSISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## ANEXO III CÁLCULOS

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras

*El objetivo de la planta es la desalación de agua de mar, por lo que conociendo la salinidad de esta que puede oscilar entre las 35000 y las 43000 ppm, así como la cantidad de producto requerido, que en este análisis trataremos de una cantidad comprendida entre los 50 y lo 90 m<sup>3</sup>/d, la salinidad del producto al ser baja se puede despreciar a efectos de cálculos y el ratio de recuperación (1/3), por lo tanto los caudales volumétricos son:*

$$\dot{V}_{\text{seawater}} = \dot{V}_{\text{product}} \cdot 3$$

$$\dot{V}_{\text{brine}} = \dot{V}_{\text{product}} \cdot 2$$

$$\dot{V}_{\text{product}} = 90 \text{ [m}^3\text{/day]}$$

*La salinidad de agua de mar se toma como 35000 ppm, ó 3,5 %, a partir de ella realizamos un balance de materia para calcular la salinidad de la salmuera*

$$C_{\text{seawater}} = 3,5 \text{ [%]}$$

$$C_{\text{product}} = 0 \text{ [%]}$$

$$C_{\text{seawater}} \cdot \dot{V}_{\text{seawater}} = C_{\text{brine}} \cdot \dot{V}_{\text{brine}}$$

*La temperatura de agua de mar se considera que es de unos 25°C, sin perjuicio de variar este dato como input para comprobar como se comportaría la planta ante fluctuaciones de temperatura*

$$T_0 = 25$$

*Como dato de partida tenemos también la presión reinante tanto en el de evaporador como en el condensador, según la bibliografía consultada, para conseguir valores razonables de trabajo de compresión y superficies de intercambio, dichas presiones suelen tener una diferencia ente si de 0,05 bar, contando con las pérdidas de carga y dichas presiones suelen oscilar entre 0,20 y 0,30 las de evaporación y entre 0,25 y 0,35 las de condensación*

$$p_{\text{evap}} = 0,27 \text{ [bar]}$$

$$p_{\text{cond}} = 0,31 \text{ [bar]}$$

*Cálculo de la densidad de cada corriente*

$$\rho_{\text{seawater}} = \rho \left[ \text{NAACL} ; T = T_0 ; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

$$\rho_{\text{brine}} = \text{SWDensity} \left[ T_{\text{brine}} ; S_b \right]$$

$$S_b = C_{\text{brine}} \cdot 10$$

$$\rho_{\text{product}} = \text{SWDensity} \left[ T_{\text{product}} ; S_{b,1} \right]$$

$$S_{b,1} = 0$$

*Para calcular los caudales máscicos se multiplica por la densidad correspondiente a cada una de las corrientes, la cual calculamos previamente mediante las funciones correspondientes*

$$\dot{m}_{\text{seawater}} = \dot{V}_{\text{seawater}} \cdot \rho_{\text{seawater}} \cdot \left| 0,0000115741 \cdot \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^3/\text{day}} \right|$$

$$\dot{m}_{\text{brine}} = \dot{V}_{\text{brine}} \cdot \rho_{\text{brine}} \cdot \left| 0,0000115741 \cdot \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^3/\text{day}} \right|$$

$$\dot{m}_{\text{product}} = \dot{V}_{\text{product}} \cdot \rho_{\text{product}} \cdot \left| 0,0000115741 \cdot \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^3/\text{day}} \right|$$

*Las temperaturas de producto y salmuera se pueden aproximar, a las de saturación correspondientes a las presiones de trabajo de agua dulce por una lado y la de salmuera lo mismo pero se le aplica el factor BPE, el cual se calcula con las funciones de este progrma*



$$T_{\text{sat,evap}} = T_{\text{sat}} \left[ \text{water} ; P = p_{\text{evap}} \right]$$

$$\text{BPE}_{\text{sea}} = \text{SW}_{\text{BPE}} \left[ T_{\text{sat,evap}} ; S_{\text{sea}} \right]$$

$$S_{\text{sea}} = C_{\text{seawater}} \cdot 10$$

$$T_{\text{brine}} = T_{\text{sat,evap}} + \text{BPE}_{\text{sea}}$$

$$T_{\text{product}} = T_{\text{sat}} \left[ \text{water} ; P = p_{\text{cond}} \right]$$

Una vez realizados los anteriores cálculos previos se procede al cálculo de superficie de intercambio requerida para cada uno de los intercambiadores que intervienen en el proceso.

En primer lugar asumiremos que tanto el  $C_p$  como el  $C_{pv}$  se mantienen constantes y que la temperatura del vapor al abandonar el compresor es 3°C superior a la del producto

$$C_{pv} = 1,884 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$C_p = 4,1 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$T_{\text{sobrecal}} = T_{\text{product}} + 3$$

Estimaremos que a la salida de cada uno de los precalentadores existe una diferencia de temperatura de 5°C

$$T_{\text{outlet}} = T_0 + 5$$

Como datos necesarios también tenemos que considerar el espesor de las paredes de los platos  $PI$  (en metros),  $kb$  que es el coeficiente de transmisión de calor del material de los platos (en kW/m-C), así como  $FFd$  y  $FFb$  que son los coeficientes por ensuciamiento de cada precalentador en ( $m^2\text{-C/kW}$ )

$$PI = 0,003 \text{ [m]}$$

$$kb = 0,0155 \text{ [kW/m-C]}$$

$$FFd = 0,0017 \text{ [m}^2\text{-C/kW]}$$

$$FFb = 0,0088 \text{ [m}^2\text{-C/kW]}$$

Necesitamos conocer el diámetro equivalente, para el cálculo del número de Reynolds, el cual para intercambiadores de placas se puede aproximar al doble de la distancia entre platos, siendo dicha distancia  $W$  (en metros)

$$W = 0,003 \text{ [m]}$$

$$De = 2 \cdot W$$

Siendo  $C_s$  la velocidad media estimada de cada una de las corrientes a través de los precalentadores en (m/s).

$$C_s = 1,5 \text{ [m/s]}$$

El calor latente de evaporación nos será útil para el cálculo de superficie del evaporador, se calculan con la correlación de El-Dessouky, aunque hay otros métodos para realizar dicho cálculo, se comprueba que los resultados que arrojan dichas correlaciones coinciden con valores calculados por otros vías.

$$L_{\text{product}} = 2499,5698 - 2,204864 \cdot T_{\text{product}} - 0,002304 \cdot T_{\text{product}}^2$$

$$L_{\text{brine}} = 2499,5698 - 2,204864 \cdot T_{\text{brine}} - 0,002304 \cdot T_{\text{brine}}^2$$

Con la ecuación (14) de El-Dessouky calculamos el área del evaporador, usando previamente la correlación de El-Dessouky (15) para el coeficiente global de transferencia de calor sabiendo que  $T_c = T_{\text{brine}} / T_{\text{product}}$

$$T_c = \frac{T_{\text{brine}}}{T_{\text{product}}}$$

$$U_e = 1 \cdot 10^{-3} \cdot [1939,4 + 1,40562 \cdot T_c - 0,0207525 \cdot T_c^2 + 0,0023186 \cdot T_c^3]$$

$$A_e = \frac{\dot{m}_{\text{product}} \cdot L_{\text{product}} + \dot{m}_{\text{product}} \cdot C_{pv} \cdot [T_{\text{sobrecal}} - T_{\text{product}}]}{U_e \cdot [T_{\text{product}} - T_{\text{brine}}]}$$

El cálculo de los precalentadores lo realizaremos, en cambio por los métodos de cálculo de transferencia de calor, para lo cual habrá que calcular: Número de Reynolds, Número de Prandt, LMTD, viscosidad dinámica coeficientes de convección, coeficientes de transmisión de calor de cada una de las corrientes y coeficiente global de transferencia de calor, una vez conocidos dichos valores se podrá calcular la superficie de intercambio requerida por cada uno de los precalentadores

En primer lugar se calculan las LMTD en cada uno de los precalentadores

$$LMTD_{\text{product}} = \frac{T_{\text{product}} - T_{\text{seawater,feed}} - [T_{\text{outlet}} - T_0]}{\ln \left[ \frac{T_{\text{product}} - T_{\text{seawater,feed}}}{T_{\text{outlet}} - T_0} \right]}$$

$$LMTD_{\text{brine}} = \frac{T_{\text{brine}} - T_{\text{seawater,feed}} - [T_{\text{outlet}} - T_0]}{\ln \left[ \frac{T_{\text{brine}} - T_{\text{seawater,feed}}}{T_{\text{outlet}} - T_0} \right]}$$

Comenzamos por el intercambiador de de agua destilada, para conocer su área se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_{\text{product}} = \frac{\dot{m}_{\text{product}} \cdot C_p \cdot [T_{\text{product}} - T_{\text{outlet}}]}{U_p \cdot LMTD_{\text{product}}}$$

Para calcular el valor de  $U_{\text{product}}$  tenemos la siguiente fórmula

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{h_{\text{inp}}} \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{W}} \right| + \frac{1}{h_{\text{outp}}} \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{W}} \right| + \frac{Pl}{kb} + FFd$$

Necesitamos los coeficientes de convección de cada una de sus corrientes

$$h_{\text{inp}} = 0,4 \cdot \frac{K_{\text{binp}}}{De} \cdot Re_{\text{inp}}^{0,64} \cdot Pr_{\text{inp}}^{0,4}$$

$$h_{\text{outp}} = 0,4 \cdot \frac{K_{\text{boutp}}}{De} \cdot Re_{\text{outp}}^{0,64} \cdot Pr_{\text{outp}}^{0,4}$$

Coefficientes de transmisividad térmica de cada una de las corrientes

$$K_{\text{binp}} = k \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

$$K_{\text{boutp}} = k \left[ \text{water} ; T = \frac{T_{\text{product}} + T_{\text{outlet}}}{2}; P = 1 \right]$$

Cálculo de números de Reynolds de la corriente que entra en el proceso y la que sale

$$Re_{\text{inp}} = \frac{\rho_{\text{seawater}} \cdot C_s \cdot De}{\mu_{\text{inp}}}$$

$$Re_{\text{outp}} = \frac{\rho_{\text{product}} \cdot C_s \cdot De}{\mu_{\text{outp}}}$$

Viscosidad dinámica de la corriente que entra en el proceso y la que sale

$$\mu_{inp} = \mathbf{Visc} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

$$\mu_{outp} = \mathbf{Visc} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_{\text{outlet}}}{2}; C = 0 \text{ [%]} \right]$$

*Cálculo de números de Prandtl de la corriente que entra en el proceso y la que sale*

$$\text{Pr}_{inp} = \mathbf{Pr} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

$$\text{Pr}_{outp} = \mathbf{Pr} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{product}} + T_{\text{outlet}}}{2}; C = 0 \text{ [%]} \right]$$

*Para el cálculo del área del precalentador de salmuera se procede de igual manera que en el anterior*

*En primer lugar tenemos la fórmula para calcular el área*

$$A_b = \frac{\dot{m}_{\text{brine}} \cdot C_p \cdot [T_{\text{brine}} - T_{\text{outlet}}]}{U_b \cdot \text{LMTD}_{\text{brine}}}$$

*Para calcular el valor de  $U_b$  tenemos la siguiente fórmula*

$$\frac{1}{U_b} = \frac{1}{h_{inb}} \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{W}} \right| + \frac{1}{h_{outb}} \cdot \left| 0,001 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{W}} \right| + \frac{PI}{k_b} + FF_b$$

*Necesitamos los coeficientes de convección de cada una de sus corrientes*

$$h_{inb} = 0,4 \cdot \frac{K_{binb}}{De} \cdot \text{Re}_{inb}^{0,64} \cdot \text{Pr}_{inb}^{0,4}$$

$$h_{outb} = 0,4 \cdot \frac{K_{boutb}}{De} \cdot \text{Re}_{outb}^{0,64} \cdot \text{Pr}_{outb}^{0,4}$$

*Coefficientes de transmisividad térmica de cada una de las corrientes*

$$K_{binb} = K_{binp}$$

$$K_{boutb} = \mathbf{k} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{brine}} + T_{\text{outlet}}}{2}; C = C_{\text{brine}} \right]$$

*Cálculo de números de Reynolds de la corriente que entra en el proceso y la que sale*

$$\text{Re}_{inb} = \frac{\rho_{\text{seawater}} \cdot C_s \cdot De}{\mu_{inb}}$$

$$\text{Re}_{outb} = \frac{\rho_{\text{brine}} \cdot C_s \cdot De}{\mu_{outb}}$$

*Viscosidad dinámica de la corriente que entra en el proceso y la que sale*

$$\mu_{inb} = \mathbf{Visc} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

$$\mu_{outb} = \mathbf{Visc} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{brine}} + T_{\text{outlet}}}{2}; C = C_{\text{brine}} \right]$$

*Cálculo de números de Prandtl de la corriente que entra en el proceso y la que sale*

$$\text{Proutb} = \text{Pr} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{brine}} + T_{\text{oulet}}}{2}; C = C_{\text{brine}} \right]$$

$$\text{Prinb} = \text{Pr} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{seawater,feed}} + T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

Realizaremos los balances de materia y de energía en los precalentadores para conocer los caudales y las temperaturas en cada uno de sus puntos, estimamos una diferencia de temperaturas de 5 °C tanto en las entradas como en las salidas de los precalentadores, además de dichos balances se podrá conocer la potencia térmica intercambiada en cada uno de los precalentadores

$$\text{Deltha}_T = 5 \text{ [C]}$$

*Intercambiador de producto (1), balance de energía*

$$\dot{Q}_{\text{product}} = \dot{m}_{\text{product}} \cdot C_{p_{\text{product}}} \cdot [T_{\text{product}} - (T_0 + \text{Deltha}_T)]$$

*Cálculo del Cp del producto y del agua de mar*

$$C_{p_{\text{product}}} = \text{Cp} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{product}} - (T_0 + \text{Deltha}_T)}{2}; C = C_{\text{product}} \right]$$

$$c_{p_{\text{seawater}}} = \text{Cp} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{product}} + \text{Deltha}_T - T_0}{2}; C = C_{\text{seawater}} \right]$$

Una vez realizado el balance anterior, se puede calcular el caudal de agua de mar que circula por el intercambiador de producto

$$\dot{Q}_{\text{product}} = \dot{m}_{\text{seawater};1} \cdot c_{p_{\text{seawater}}} \cdot [T_{\text{product}} - \text{Deltha}_T - T_0]$$

Conociendo el caudal total de agua de mar, despejamos el caudal de agua de mar que circula por el precalentador de salmuera

$$\dot{m}_{\text{seawater};2} = \dot{m}_{\text{seawater}} - \dot{m}_{\text{seawater};1}$$

$$T_{\text{seawater};1;\text{out}} = T_{\text{product}} - \text{Deltha}_T$$

$$h_{\text{product}} = \mathbf{h} [\text{water} ; T = T_{\text{product}} ; x = 0]$$

*Intercambiador de salmuera (2), balance de energía.*

$$\dot{Q}_{\text{brine}} = \dot{m}_{\text{brine}} \cdot C_{p_{\text{brine}}} \cdot [T_{\text{brine}} - (T_0 + \text{Deltha}_T)]$$

Aunque se ha calculado anteriormente el caudal de agua de mar que atraviesa el precalentador de salmuera, se podría calcular de la misma manera que se ha hecho en el caso anterior:

$$\dot{Q}_{\text{brine}} = \dot{m}_{\text{seawater};2} \cdot c_{p_{\text{seawater}}} \cdot [T_{\text{seawater};2;\text{out}} - T_0]$$

*Cálculo del Cp de de la salmuera*

$$C_{p_{\text{brine}}} = \text{Cp} \left[ \text{NaCl} ; T = \frac{T_{\text{brine}} + T_0 + \text{Deltha}_T}{2}; C = C_{\text{brine}} \right]$$

A continuación con el fin de conocer la temperatura de agua de alimentación despues de ser precalentada y mezclada en un punto de unión realizamos un balance de energía en dicho punto de unión, se crearán dos Lookup Table con el fin de extrapolar los valores de entalpías, ya que el programa no dispone de esos valores a esas temperaturas, aún así el programa parece que, aunque da aviso de que estamos fuera de rango, realiza el cálculo mediante extrapolación, el resultado que arroja apenas difiere un 0,5% del que da realizando la extrapolación con la Lookup Table.

*Cálculo de entalpías*

$$h_{\text{brine}} = \text{Interpolate} [ 'h \text{ brine } 10 \ 100'; 'T'; 'H'; 'T' = T_{\text{brine}} ]$$

$$h_{\text{seawater},1;\text{out}} = \text{Interpolate} [ 'H \text{ sw } 10 \ 37'; 'T'; 'H'; 'T' = T_{\text{seawater},1;\text{out}} ]$$

$$h_{\text{seawater},2;\text{out}} = \text{Interpolate} [ 'H \text{ sw } 10 \ 37'; 'T'; 'H'; 'T' = T_{\text{seawater},2;\text{out}} ]$$

*Cálculo de temperatura en la unión de las dos corrientes de agua de mar, realizamos un balance de energía.*

$$\dot{m}_{\text{seawater},1} \cdot h_{\text{seawater},1;\text{out}} + \dot{m}_{\text{seawater},2} \cdot h_{\text{seawater},2;\text{out}} = \dot{m}_{\text{seawater}} \cdot h_{\text{seawater,feed}}$$

*Como consecuencia del anterior balance ya conocemos la entalpía del agua de alimentación despues del punto de unión, por lo tanto podemos conocer su temperatura*

$$h_{\text{seawater,feed}} = h [ \text{NACL} ; T = T_{\text{seawater,feed}} ; C = 3,5 ; P = 1 ]$$

*Calculamos el valor del trabajo específico de compresión en kWh/m<sup>3</sup> tal y como se hace en el libro Fundamentals of Salt Water Desalination*

$$ep = 1,32$$

$$ren = 0,589$$

$$v_{\text{steam}} = v [ \text{Steam} ; T = T_{\text{sat,evap}} + 3 ; P = p_{\text{evap}} ]$$

$$W_{\text{especific}} = \left[ \frac{ep}{ren \cdot (ep - 1)} \cdot p_{\text{evap}} \cdot \left| 100 \cdot \frac{\text{kPa}}{\text{bar}} \right| \cdot v_{\text{steam}} \cdot \left( \left( \frac{p_{\text{cond}}}{p_{\text{evap}}} \right)^{\left[ \frac{ep - 1}{ep} \right]} - 1 \right) \right] \cdot \frac{1000}{3600}$$

## SOLUTION

### Unit Settings: SI C bar kJ mass deg

$$Ab = 13,56 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{\text{product}} = 5,32 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Cp = 4,1 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$Cp_{\text{brine}} = 3,947 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$cp_{\text{seawater}} = 4,001 \text{ [kJ/kg-K]}$$

$$C_{\text{brine}} = 5,25 \text{ [%]}$$

$$C_{\text{seawater}} = 3,5 \text{ [%]}$$

$$\Delta T = 5 \text{ [C]}$$

$$FFb = 0,0088 \text{ [m}^2\text{-C/kW]}$$

$$h_{\text{inb}} = 33545 \text{ [W/m}^2\text{-C]}$$

$$h_{\text{outb}} = 33642 \text{ [W/m}^2\text{-C]}$$

$$h_{\text{brine}} = 262,6 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{\text{seawater},1;\text{out}} = 263,9 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{\text{seawater,feed}} = 254,9 \text{ [kJ/kg]}$$

$$K_{\text{binb}} = 0,632 \text{ [kW/m-C]}$$

$$K_{\text{boutb}} = 0,6373 \text{ [W/m-C]}$$

$$L_{\text{brine}} = 2341 \text{ [kJ/kg]}$$

$$LMTD_{\text{product}} = 6,111 \text{ [C]}$$

$$\mu_{\text{inb}} = 0,0006621 \text{ [kg/m-s]}$$

$$\mu_{\text{outb}} = 0,000642 \text{ [kg/m-s]}$$

$$\dot{m}_{\text{brine}} = 2,121 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m}_{\text{seawater}} = 3,193 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m}_{\text{seawater},2} = 2,129 \text{ [kg/s]}$$

$$Pr_{\text{inb}} = 4,209$$

$$Pr_{\text{outb}} = 3,977$$

$$p_{\text{cond}} = 0,31 \text{ [bar]}$$

$$Ae = 448,3 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$BPE_{\text{sea}} = 0,4191 \text{ [C]}$$

$$Cpv = 1,884 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$Cp_{\text{product}} = 4,181 \text{ [kJ/kg-C]}$$

$$Cs = 1,5 \text{ [m/s]}$$

$$C_{\text{product}} = 0 \text{ [%]}$$

$$De = 0,006 \text{ [m]}$$

$$ep = 1,32$$

$$FFd = 0,0017 \text{ [m}^2\text{-C/kW]}$$

$$h_{\text{inp}} = 33545 \text{ [W/m}^2\text{-C]}$$

$$h_{\text{outp}} = 33025 \text{ [W/m}^2\text{-C]}$$

$$h_{\text{product}} = 292,5 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{\text{seawater},2;\text{out}} = 250,4 \text{ [kJ/kg]}$$

$$kb = 0,0155 \text{ [-kW/m-C]}$$

$$K_{\text{binp}} = 0,632 \text{ [W/m-C]}$$

$$K_{\text{boutp}} = 0,6304 \text{ [W/m-C]}$$

$$LMTD_{\text{brine}} = 4,816 \text{ [C]}$$

$$L_{\text{product}} = 2334 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\mu_{\text{inp}} = 0,0006621 \text{ [kg/m-s]}$$

$$\mu_{\text{outp}} = 0,0005928 \text{ [kg/m-s]}$$

$$\dot{m}_{\text{product}} = 1,019 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m}_{\text{seawater},1} = 1,064 \text{ [kg/s]}$$

$$PI = 0,003 \text{ [m]}$$

$$Pr_{\text{inp}} = 4,209$$

$$Pr_{\text{outp}} = 3,662$$

$$p_{\text{evap}} = 0,27 \text{ [bar]}$$

$\dot{Q}_{\text{brine}} = 310,8$  [kW]  
Reinb = 13890  
ren = 0,589  
Reoutp = 14845  
 $\rho_{\text{product}} = 977,9$  [kg/m<sup>3</sup>]  
 $S_b = 52,5$  [g/kg]  
 $S_{\text{sea}} = 35$  [g/kg]  
 $T_0 = 25$  [C]  
 $T_{\text{oulet}} = 30$  [C]  
 $T_{\text{sat,evap}} = 66,71$  [C]  
 $T_{\text{seawater,2,out}} = 61,49$  [C]  
 $T_{\text{sobreca}} = 72,87$  [C]  
 $U_e = 1,941$  [kW/m<sup>2</sup>-C]  
 $\dot{V}_{\text{brine}} = 180$  [m<sup>3</sup>/day]  
 $\dot{V}_{\text{seawater}} = 270$  [m<sup>3</sup>/day]  
 $W = 0,003$  [m]

$\dot{Q}_{\text{product}} = 169,8$  [kW]  
Reinp = 13890  
Reoutb = 14270  
 $\rho_{\text{brine}} = 1018$  [kg/m<sup>3</sup>]  
 $\rho_{\text{seawater}} = 1022$  [kg/m<sup>3</sup>]  
 $S_{b,1} = 0$  [g/kg]  
 $T_c = 0,9608$   
 $T_{\text{brine}} = 67,13$  [C]  
 $T_{\text{product}} = 69,87$  [C]  
 $T_{\text{seawater,1,out}} = 64,87$  [C]  
 $T_{\text{seawater,feed}} = 62,49$  [C]  
 $U_b = 4,942$  [kW/m<sup>2</sup>-C]  
 $U_p = 5,122$  [kW/m<sup>2</sup>-C]  
 $\dot{V}_{\text{product}} = 90$  [m<sup>3</sup>/day]  
 $v_{\text{steam}} = 5,825$  [m<sup>3</sup>/kg]  
 $W_{\text{specific}} = 10,42$  [kWh/m<sup>3</sup>]

No unit problems were detected.

# “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DESALINIZACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR”

---

## ANEXO IV PRESUPUESTO

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: JUNIO 2016

AUTOR: LUCAS DEL RÍO VALEIRAS

Fdo: Lucas del Río Valeiras

	Desalinizadora MVC	Pág.: 1
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Compresor	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>01</b>	<b>Desalinizadora MVC</b>								
	<b>Compresor</b>								
	Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compresor modelo RD-1520 con las siguientes características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses.								
01.01 D39GA041	Ud Variador de frecuencia electrónico Ud. Suministro e instalación de variador de frecuencia electrónico TORO ó DIRD , digital, con transformador incorporado y montaje.								
	U01FR005 Hr Oficial especialista						2,700	13,31	35,94
	U01FR013 Hr Peón ordinario						2,700	9,98	26,95
	U40AA100 Ud Variador de frecuencia						1,000	1.016,47	1.016,47
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	1.079,36	32,38
	Clase: Mano de Obra								62,89
	Clase: Material								1.016,47
	Clase: Medio auxiliar								32,38
	Total partida 01.01						1,00	1.111,74	1.111,74
01.02 D44IC110	Ud MANÓMETRO Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.								
	U44AA100 Hr Oficial 1º INSTALADOR E.S.T.						0,200	28,29	5,66
	U44AA200 Hr Ayudante INSTALADOR E.S.T.						0,200	24,96	4,99
	U44MC140 Ud Vaina rosca 1/2" GAS 10cm						1,000	3,33	3,33
	U44MC210 Ud Manómetro 4 bar Diámetro 50mm 1/4"						1,000	3,33	3,33
	%44MC400 % Pequeño material eléctrico						0,020	17,31	0,35
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	17,66	0,53
	Clase: Mano de Obra								10,65
	Clase: Material								6,66
	Clase: Medio auxiliar								0,88
	Total partida 01.02						2,00	18,19	36,38
01.03 D44IC100	Ud TERMÓMETRO Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.								
	U44AA100 Hr Oficial 1º INSTALADOR E.S.T.						0,200	28,29	5,66
	U44AA200 Hr Ayudante INSTALADOR E.S.T.						0,200	24,96	4,99
	U44MC140 Ud Vaina rosca 1/2" GAS 10cm						1,000	3,33	3,33
	U44MC220 Ud Termómetro 120°C 10cm Diámetro 80						1,000	8,32	8,32
	%44MC400 % Pequeño material eléctrico						0,020	22,30	0,45
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	22,75	0,68
	Clase: Mano de Obra								10,65
	Clase: Material								11,65
	Clase: Medio auxiliar								1,13
	Total partida 01.03						2,00	23,43	46,86
01.04 D39GC021	Ud ELECTROVÁLVULA 1 1/2" C/ARQUETA Ud. Suministro e instalación de electroválvula de acero inoxidable AISI 316 RAIN BIRD de 1 y 1/2", con apertura manual por solenoide, regulador de caudal.								
	U01FR005 Hr Oficial especialista						0,700	13,31	9,32
	U01FR013 Hr Peón ordinario						0,700	9,98	6,99
	U40AB201 Ud Electroválvula 1 y 1/2" i/arq						1,000	85,15	85,15
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	101,46	3,04
	Clase: Mano de Obra								16,31
	Clase: Material								85,15
	Clase: Medio auxiliar								3,04



	Desalinizadora MVC	Pág.: 2
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Compresor	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	<b>Total partida 01.04</b>						2,00	104,50	209,00
01.05 D45AB100	Ud Compresor de vapor Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compresor modelo RD-1520 con las siguientes características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses. Completamente montado, probado y funcionando.								
	U45AA100 Hr Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)						15,000	28,29	424,35
	U45AA200 Hr Ayudante instalador E.S.F. (A)						15,000	24,96	374,40
	U45BB100 Ud Compresor MECO GII Centurbo Compresor modelo RD-1520						1,000	25.245,25	25.245,25
	%45GL900 % Pequeño material eléctrico						0,005	26.044,00	130,22
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	26.174,22	785,23
	Clase: Mano de Obra								798,75
	Clase: Material								25.245,25
	Clase: Medio auxiliar								915,45
	<b>Total partida 01.05</b>						1,00	26.959,45	26.959,45
	<b>Total capítulo 01</b>								<b>28.363,43</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 3
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Virola	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>02</b>	<b>Virola</b> Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado.								
<b>02.01</b> D44IC100	<b>Ud</b> TERMÓMETRO Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.								
	U44AA100 Hr Oficial 1ª INSTALADOR E.S.T.						0,200	28,29	5,66
	U44AA200 Hr Ayudante INSTALADOR E.S.T.						0,200	24,96	4,99
	U44MC140 Ud Vaina rosca 1/2" GAS 10cm						1,000	3,33	3,33
	U44MC220 Ud Termómetro 120°C 10cm Diámetro 80						1,000	8,32	8,32
	%44MC400 % Pequeño material eléctrico						0,020	22,30	0,45
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	22,75	0,68
	Clase: Mano de Obra								10,65
	Clase: Material								11,65
	Clase: Medio auxiliar								1,13
	<b>Total partida 02.01</b>						<b>2,00</b>	<b>23,43</b>	<b>46,86</b>
<b>02.02</b> D44IC110	<b>Ud</b> MANÓMETRO Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.								
	U44AA100 Hr Oficial 1ª INSTALADOR E.S.T.						0,200	28,29	5,66
	U44AA200 Hr Ayudante INSTALADOR E.S.T.						0,200	24,96	4,99
	U44MC140 Ud Vaina rosca 1/2" GAS 10cm						1,000	3,33	3,33
	U44MC210 Ud Manómetro 4 bar Diámetro 50mm 1/4"						1,000	3,33	3,33
	%44MC400 % Pequeño material eléctrico						0,020	17,31	0,35
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	17,66	0,53
	Clase: Mano de Obra								10,65
	Clase: Material								6,66
	Clase: Medio auxiliar								0,88
	<b>Total partida 02.02</b>						<b>2,00</b>	<b>18,19</b>	<b>36,38</b>
<b>02.03</b> D30TD100	<b>Ud</b> Virola principal Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado.								
	U28AA901 Ud Colector acero inox AISI 316 2" 1/2 conex.						8,000	95,23	761,84
	U01FY220 Hr Cuadrilla soldadores						80,000	28,29	2.263,20
	U29TD100 Ud Chapa de acero inoxidable AISI 316 de 8 mm						60,000	485,25	29.115,00
	U28DR104 Ud Val.segurid.s/manomet.1 1/4"						1,000	38,27	38,27
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	32.178,31	965,35
	Clase: Mano de Obra								2.263,20
	Clase: Material								29.915,11
	Clase: Medio auxiliar								965,35
	<b>Total partida 02.03</b>						<b>1,00</b>	<b>33.143,66</b>	<b>33.143,66</b>
	<b>Total capítulo 02</b>								<b>33.226,90</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 4
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Pre calentadores	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>03</b>	<b>Pre calentadores</b> Intercambiadores de placas compactos de construcción de alta calidad y diseñados para una inspección sencilla. Las unidades se presentan con placas de acero inoxidable AISI 304 / 316 y juntas EPDN como standard, con otros materiales también disponibles como el titanio por ejemplo dependiendo del medio a procesar. Las juntas se organizan de modo que los dos medios (producto y servicio) se encuentren en los canales alternos creados por las placas. Un doble sello asegura que si cualquiera de los fluidos fuga, pase directamente a la atmósfera, evitandose la contaminación cruzada.								
03.01 D25LL060	Ud LLAVE DE ESFERA 2" 1/2 Ud. Llave de esfera de 2" 1/2 de acero inoxidable AISI 316								
	U01FY105 Hr Oficial 1ª fontanero						0,150	14,97	2,25
	U01FY110 Hr Ayudante fontanero						0,150	13,31	2,00
	U26AR007 Ud Llave de esfera 2"						1,000	23,29	23,29
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	27,54	0,83
	Clase: Mano de Obra								4,25
	Clase: Material								23,29
	Clase: Medio auxiliar								0,83
	<b>Total partida 03.01</b>						<b>8,00</b>	<b>28,37</b>	<b>226,96</b>
03.02 D31SI105	Ud Intercambiadores de calor de placas Alfa Laval T2BFG Intercambiador de calor Alfa Laval M6MFD, altura 940mm, anchura 330mm, distancia conexión vertical 640 mm, distancia conexión horizontal 140mm, tamaño de conexión conducto pulgada 2" ,caudal maximo 15kg/s, máxima temperatura 150°C, máxima presión 16 bar, principio de flujo paralelo. totalmente instalado. necesatiremos dos unidades, uno con 16m2 y otra unidad con 6 m2								
	U01AA007 Hr Oficial primera técnico industrial						0,450	14,97	6,74
	U01AA011 Hr Peón ordinario						0,450	14,97	6,74
	U32VA105 Ud Modulo intercambiador de calor de placas						2,000	502,36	1.004,72
	U32NH110 Ud Placas de titanio para intercambiador de calor						70,000	22,13	1.549,10
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	2.567,30	77,02
	Clase: Mano de Obra								13,48
	Clase: Material								2.553,82
	Clase: Medio auxiliar								77,02
	<b>Total partida 03.02</b>						<b>1,00</b>	<b>2.644,32</b>	<b>2.644,32</b>
	<b>Total capítulo 03</b>								<b>2.871,28</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 5
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Bombas de circulación	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>04</b>	<b>Bombas de circulación</b> electrobomba centrífuga modelo ROCA PC-1045 de 400 V trifásica de 1CV con capacidad de 1-6 m3/h monobloc con acoplamiento de motor directo, cuerpo de bomba con aspiración axial y orificio de impulsión vertical-radial.								
<b>04.01</b> D29MA010	<b>Ud</b> CIRCULADOR ROCA 1-6M3/H Ud. Circulador Roca, modelo PC-1045 para instalación de desalinización con presión máxima y temperatura max. de 10bar y 110°C respectivamente, para caudal de 1m3/h presión 8m.c.a. y 6m3/h presión 1m.c.a., constituido por motor rotor humedo, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades, con una potencia absorbida de 215W, a una velocidad max, de 2600r.p.m., conexionado eléctrico e instalado.								
	U01FY205 Hr Oficial 1ª electricista						3,000	14,97	44,91
	U01FY208 Hr Ayudante electricista						3,000	13,31	39,93
	U28MA302 Ud Circulador ROCA PC-1045						1,000	146,42	146,42
	U28DM100 Ud Valv.reten.PN 10/16 1 1/2"						1,000	23,29	23,29
	U30JW001 MI Conductor rígido 750V;1,5(Cu)						8,000	3,45	27,60
	U30JW125 MI Tubo PVC rígido M 20/gp5						8,000	1,66	13,28
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	295,43	8,86
	Clase: Mano de Obra								84,84
	Clase: Material								210,59
	Clase: Medio auxiliar								8,86
	<b>Total partida 04.01</b>						1,00	304,29	304,29
	<b>Total capítulo 04</b>								<b>304,29</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 6
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Haz tubular	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>05</b>	<b>Haz tubular</b> Es elemento de mayor importancia del conjunto, ya que en él se produce el proceso de destilación del agua de mar. Está formado por tubos de acero inoxidable AISI 316, por el interior de los cuales fluye el vapor comprimido, por la placa tubular fija, la placa tubular flotante, las pantallas soporte y por los tirantes, de acero inoxidable AISI 316, que rigidizan el conjunto. En los cálculos ha dado como resultado que se necesita un a superficie de 364,3m2, por lo que se usarán tubos de 24mm de diámetro exterior y 21 mm de diámetro interior, dando una superficie de intercambio de 0,376m2 cada tubo que será de 5 m de largo por lo cual se necesita un haz tubular de 968 tubos, se redondea a 1000 tubos para dar margen de seguridad.								
<b>05.01</b> D30TD102	<b>Ud</b> Conjunto Haz tubular Sistema de haz tubular para instalación horizontal en acero inoxidable AISI 316, protección interior anticorrosión, protección catódica, para una presión de trabajo de hasta 2 Kg/cm2, red de tuberías de acero inoxidable AISI 316 soldado, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación, totalmente instalado.								
	U01FY220 Hr Cuadrilla soldadores						80,000	28,29	2.263,20
	U29TD102 Ud Conjunto haz tubular						1,000	13.061,50	13.061,50
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	15.324,70	459,74
	Clase: Mano de Obra								2.263,20
	Clase: Material								13.061,50
	Clase: Medio auxiliar								459,74
	<b>Total partida 05.01</b> .....						<b>1,00</b>	<b>15.784,44</b>	<b>15.784,44</b>
	<b>Total capítulo 05</b> .....								<b>15.784,44</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 7
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Extracción de incondensables	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>06</b>	<b>Extracción de incondensables</b> La desalinizadora estará dotada de un equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, su funcionamiento consiste en que se realiza una extracción de vapor en la zona del evaporador, dicha extracción se conduce a un condensador, donde el medio condensante será una parte del agua de mar de alimentación, el vapor se condensa y en su parte superior está conectado a un eyector que succiona los incondensables enviándolos al exterior, el condensado volverá a la zona de agua destilada y el agua de mar aumenta su energía debido al intercambio de calor.								
06.01 D31SX155	Ud Conjunto eyector condensador con conducciones para la extracción de incondensables Equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, se incluye en esta partida el montaje y los accesorios necesarios así como conductos y bridas.								
	U01FY001 Hr Oficial primera soldador						0,300	19,97	5,99
	U01FY002 Hr Ayudante soldador						0,300	18,30	5,49
	U32TA155 Ud Conjunto extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador						1,000	487,25	487,25
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	498,73	14,96
	Clase: Mano de Obra								11,48
	Clase: Material								487,25
	Clase: Medio auxiliar								14,96
	Total partida 06.01 .....						1,00	513,69	513,69
	<b>Total capítulo 06 .....</b>								<b>513,69</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 8
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Salinómetro	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>07</b>	<b>Salinómetro</b> En este capítulo se presupuesta la instalación de la célula salinométrica totalmente montada incluidos los recursos auxiliares y la mano de obra.  Equipo de control de salinidad, Alfa Laval modelo SL 3005 con las siguientes características: " Alimentación 180V / 250V AC 50-60Hz " Potencia 880 W " Rango de salinidad 0.0-0.199 ppm con alarma ajustable entre dichos rangos " Temperatura ambiente 0-50 °C " Unidad del electrodo El electrodo consta de un sensor de bronce con rosca de 1/2" y está dispuesto de manera que es fácilmente desmontables para llevar a cabo inspecciones rutinarias. " El salinómetro está alojado en un contenedor de plástico. La centralita electrónica se encuentra en la parte baja de la caja de plástico. A continuación se encuentra una conexión eléctrica para el suministro de energía y la transferencia de datos del equipo.								
07.01	Ud Equipo célula salinométrica								
D31SR110	Ud. Unidad interior climatizadora, en instalación centralizada, conectada a la red de tuberías de la instalación (sin incluir dicha red), de paredTOSHIBA mod. MMK056, de 4800 frg/h y 5200 Kcal/h, totalmente montada, conexionada y probada								
	U01FY630 Hr Oficial primera electricista						1,000	14,97	14,97
	U01FY635 Hr Ayudante electricista						1,000	13,31	13,31
	U30CB001 Ud Caja protecci. 40A(I+N)+F						1,000	41,60	41,60
	U32NH190 Ud Equipo Célula salinométrica						1,000	485,16	485,16
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	555,04	16,65
	Clase: Mano de Obra								28,28
	Clase: Material								526,76
	Clase: Medio auxiliar								16,65
	<b>Total partida 07.01</b>						<b>1,00</b>	<b>571,69</b>	<b>571,69</b>
	<b>Total capítulo 07</b>								<b>571,69</b>

Desalinizadora MVC		Pág.: 9
MEDICIONES Y PRESUPUESTO		Ref.: promyp2
Soporte equipo		Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>08</b>	<b>Soporte equipo</b> La estructura soporta todo el conjunto de la desalinizadora. La razón de su construcción es elevar el conjunto para tener suficiente altura en la cabeza de aspiración de las bombas. Está formada por perfiles de acero soldados.								
<b>08.01</b> D31SB105	<b>m2</b> BANCADA METÁLICA CUARTO MÁQU. M2. Bancada para apoyo de máquinas consistente en perfiles normalizados IPN140 separados 50 cm y chapa de 5 mm estriada como plataforma de apoyo, totalmente instalado.								
	U01FY220 Hr Cuadrilla soldadores						14,000	28,29	396,06
	U44CE040 Ud Bancada metálica						1,000	2.523,27	2.523,27
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	2.919,33	87,58
	Clase: Mano de Obra								396,06
	Clase: Material								2.523,27
	Clase: Medio auxiliar								87,58
	<b>Total partida 08.01</b>						1,00	3.006,91	3.006,91
	<b>Total capítulo 08</b>								<b>3.006,91</b>



	Desalinizadora MVC	Pág.: 10
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Modulo de automatización y control	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>09</b>	<b>Modulo de automatización y control</b> Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ).								
<b>09.01</b> D30YA001	<b>Ud</b> CENTRAL REGULACIÓN S/VÁLV. 3V. Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ).								
	U01FY205 Hr Oficial 1ª electricista						5,000	14,97	74,85
	U01FY208 Hr Ayudante electricista						5,000	13,31	66,55
	U28YA001 Ud Autómata programable S7-300 SIEMENS						1,000	331,11	331,11
	U30JW001 MI Conductor rígido 750V;1,5(Cu)						20,000	3,45	69,00
	U30JW125 MI Tubo PVC rígido M 20/gp5						20,000	1,66	33,20
	U28YA030 Ud Cto. de sondas ext-int.						1,000	48,25	48,25
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	622,96	18,69
	Clase: Mano de Obra								141,40
	Clase: Material								481,56
	Clase: Medio auxiliar								18,69
	Total partida 09.01						1,00	641,65	641,65
	<b>Total capítulo 09</b>								<b>641,65</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 11
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	Cuadro eléctrico	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>10</b>	<b>Cuadro eléctrico</b> Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 diferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado.								
10.01 D31SZ305	Ud CUADRO ELÉCTRICO HASTA 10 CLIM. Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 diferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado.								
	U44AA400 Hr Ayudante INSTALADOR E.S.T.						12,000	24,96	299,52
	U44AA300 Hr Oficial 1º INSTALADOR E.S.T.						12,000	28,29	339,48
	U44MD110 MI Cable flex. unip. H07V-K 2.5 mm2						159,000	12,56	1.997,04
	U44MG100 Ud Caja estanca con conos 84x84x50						2,000	1,66	3,32
	U44ME240 MI Tubo metalplast UTE gris 16						32,000	1,66	53,12
	U32UT109 Ud Cuadro eléctrico para desalinizadora						1,000	495,83	495,83
	%CI % Costes indirectos..(s/total)						0,030	3.188,31	95,65
	%44MC400 % Pequeño material eléctrico						0,020	3.283,96	65,68
	Clase: Mano de Obra								639,00
	Clase: Material								2.549,31
	Clase: Medio auxiliar								161,33
	Total partida 10.01						1,00	3.349,64	3.349,64
	<b>Total capítulo 10</b>								<b>3.349,64</b>
	<b>Total presupuesto</b>								<b>89.546,79</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 1
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Compresor	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>01</b>	<b>01</b>	<b>Compresor</b>	
01.01	D39GA041	Ud Ud. Suministro e instalación de variador de frecuencia electrónico TORO ó DIRD , digital, con transformador incorporado y montaje. MIL CIENTO ONCE EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	1.111,74
01.02	D44IC110	Ud Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando. DIECIOCHO EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS	18,19
01.03	D44IC100	Ud Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando. VEINTITRES EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS	23,43
01.04	D39GC021	Ud Ud. Suministro e instalación de electroválvula de acero inoxidable AISI 316 RAIN BIRD de 1 y 1/2", con apertura manual por solenoide, regulador de caudal. CIENTO CUATRO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	104,50
	D44IA220	Ud Ud. Cuadro eléctrico y de control formado por caja estanca, interruptores de protección, contactores y selectores manuales. Incluso cableado y bornas de conexión. Control marca VISSMANN, modelo VITOSOLIC 200, con tres sondas de inmersión y sonda de radiación solar para actuación de bombas del primario y secundario monofásicas, en activo/reserva, así como otros equipos de la instalación solar. Incluso accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando. MIL SEISCIENTOS DIECISIETE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS	1.617,80
01.05	D45AB100	Ud Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520 con las siguiente características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses. Completamente montado, probado y funcionando. VEINTISEIS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS	26.959,45

	Desalinizadora MVC	Pág.: 2
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Virola	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra		Precio
<b>02</b>	<b>02</b>	<b>Virola</b>		
02.01	D44IC100	Ud	Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando. VEINTITRES EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS	23,43
02.02	D44IC110	Ud	Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando. DIECIOCHO EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS	18,19
02.03	D30TD100	Ud	Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado. TREINTA Y TRES MIL CIENTO CUARENTA Y TRES EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS	33.143,66

	Desalinizadora MVC	Pág.: 3
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Pre calentadores	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>03</b>	<b>03</b>	<b>Pre calentadores</b>	
03.01	D25LL060	Ud Ud. Llave de esfera de 2" 1/2 de acero inoxidable AISI 316  VEINTIOCHO EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS	28,37
03.02	D31SI105	Ud Intercambiador de calor Alfa Laval M6MFD, altura 940mm, anchura 330mm, distancia conexión vertical 640 mm, distancia conexión horizontal 140mm, tamaño de conexión conducto pulgada 2" ,caudal maximo 15kg/s, máxima temperatura 150°C, máxima presión 16 bar, principio de flujo paralelo. totalmente instalado. necesitaremos dos unidades, uno con 16m2 y otra unidad con 6 m2  DOS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS	2.644,32

	Desalinizadora MVC	Pág.: 4
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Bombas de circulación	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>04</b>	<b>04</b>	<b>Bombas de circulación</b>	
04.01	D29MA010	Ud. Circulador Roca, modelo PC-1045 para instalación de desalinización con presión máxima y temperatura max. de 10bar y 110°C respectivamente, para caudal de 1m3/h presión 8m.c.a. y 6m3/h presión 1m.c.a., constituido por motor rotor humedo, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades, con una potencia absorbida de 215W, a una velocidad max, de 2600r.p.m., conexionado eléctrico e instalado. TRESCIENTOS CUATRO EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS	304,29

	Desalinizadora MVC	Pág.: 5
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Haz tubular	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>05</b>	<b>05</b>	<b>Haz tubular</b>	
05.01	D30TD102	Ud Sistema de haz tubular para instalación horizontal en acero inoxidable AISI 316, protección interior anticorrosión, protección catódica, para una presión de trabajo de hasta 2 Kg/cm2, red de tuberías de acero inoxidable AISI 316 soldado, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación, totalmente instalado.  QUINCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	15.784,44

	Desalinizadora MVC	Pág.: 6
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Extracción de incondensables	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>06</b>	<b>06</b>	<b>Extracción de incondensables</b>	
06.01	D31SX155	Ud Equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, se incluye en esta partida el montaje y los accesorios necesarios así como conductos y bridas. QUINIENTOS TRECE EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	513,69



	Desalinizadora MVC	Pág.: 7
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Salinómetro	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>07</b>	<b>07</b>	<b>Salinómetro</b>	
07.01	D31SR110	Ud Ud. Unidad interior climatizadora, en instalación centralizada, conectada a la red de tuberías de la instalación (sin incluir dicha red), de paredTOSHIBA mod. MMK056, de 4800 frg/h y 5200 Kcal/h, totalmente montada, conexionada y probada QUINIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	571,69

	Desalinizadora MVC	Pág.: 8
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Soporte equipo	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>08</b>	<b>08</b>	<b>Soporte equipo</b>	
08.01	D31SB105	m2 M2. Bancada para apoyo de máquinas consistente en perfiles normalizados IPN140 separados 50 cm y chapa de 5 mm estriada como plataforma de apoyo, totalmente instalado. TRES MIL SEIS EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS	3.006,91

	Desalinizadora MVC	Pág.: 9
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Modulo de automatización y control	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>09</b>	<b>09</b>	<b>Modulo de automatización y control</b>	
09.01	D30YA001	Ud Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ). SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS	641,65

	Desalinizadora MVC	Pág.: 10
	CUADRO DE PRECIOS N° 1	Ref.: procdp1a
	Cuadro eléctrico	Fec.:

N° Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
<b>10</b>	<b>10</b>	<b>Cuadro eléctrico</b>	
10.01	D31SZ305	Ud Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 didferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado. TRES MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	3.349,64

	Desalinizadora MVC	Pág.: 1
	CUADRO DE PRECIOS Nº 2	Ref.: procdp2a
	Compresor	Fec.:

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

**Capítulo: 01****Compresor**

1	01.01 1.1 D39GA041	Ud	Variador de frecuencia electrónico			
			<b>Ud. Suministro e instalación de variador de frecuencia electrónico TORO ó DIRD , digital, con transformador incorporado y montaje.</b>			
		Hr	Oficial especialista	2,700	13,31	35,94
		Hr	Peón ordinario	2,700	9,98	26,95
		Ud	Variador de frecuencia	1,000	1.016,47	1.016,47
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	1.079,36	32,38
			Clase Mano de Obra			62,89
			Clase Material			1.016,47
			Clase Medio auxiliar			32,38
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>1.111,74 €</b>
2	01.02 1.2 D44IC110	Ud	MANÓMETRO			
			<b>Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.</b>			
		Hr	Oficial 1ª INSTALADOR E.S.T.	0,200	28,29	5,66
		Hr	Ayudante INSTALADOR E.S.T.	0,200	24,96	4,99
		Ud	Vaina rosca 1/2" GAS 10cm	1,000	3,33	3,33
		Ud	Manómetro 4 bar Diámetro 50mm 1/4"	1,000	3,33	3,33
		%	Pequeño material eléctrico	0,020	17,31	0,35
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	17,66	0,53
			Clase Mano de Obra			10,65
			Clase Material			6,66
			Clase Medio auxiliar			0,88
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>18,19 €</b>
3	01.03 1.3 D44IC100	Ud	TERMÓMETRO			
			<b>Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.</b>			
		Hr	Oficial 1ª INSTALADOR E.S.T.	0,200	28,29	5,66
		Hr	Ayudante INSTALADOR E.S.T.	0,200	24,96	4,99
		Ud	Vaina rosca 1/2" GAS 10cm	1,000	3,33	3,33
		Ud	Termómetro 120°C 10cm Diámetro 80	1,000	8,32	8,32
		%	Pequeño material eléctrico	0,020	22,30	0,45
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	22,75	0,68
			Clase Mano de Obra			10,65
			Clase Material			11,65
			Clase Medio auxiliar			1,13
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>23,43 €</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 2
	CUADRO DE PRECIOS N° 2	Ref.: procdp2a
	Compresor	Fec.:

N° Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

4 01.04 Ud ELECTROVÁLVULA 1 1/2" C/ARQUETA

1.4  
D39GC021

**Ud. Suministro e instalación de electroválvula de acero inoxidable AISI 316 RAIN BIRD de 1 y 1/2", con apertura manual por solenoide, regulador de caudal.**

Hr	Oficial especialista	0,700	13,31	9,32
Hr	Peón ordinario	0,700	9,98	6,99
Ud	Electroválvula 1 y 1/2" i/arq	1,000	85,15	85,15
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	101,46	3,04
	Clase Mano de Obra			16,31
	Clase Material			85,15
	Clase Medio auxiliar			3,04

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>104,50 €</b>
-------------------------------------	-----------------

5 01.05 Ud Compresor de vapor

1.5  
D45AB100

**Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520 con las siguiente características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses. Completamente montado, probado y funcionando.**

Hr	Oficial 1ª instalador E.S.F. (A)	15,000	28,29	424,35
Hr	Ayudante instalador E.S.F. (A)	15,000	24,96	374,40
Ud	Compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520	1,000	25.245,25	25.245,25
%	Pequeño material eléctrico	0,005	26.044,00	130,22
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	26.174,22	785,23
	Clase Mano de Obra			798,75
	Clase Material			25.245,25
	Clase Medio auxiliar			915,45

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>26.959,45 €</b>
-------------------------------------	--------------------

	Desalinizadora MVC	Pág.: 3
	CUADRO DE PRECIOS N° 2	Ref.: procdp2a
	Virola	Fec.:

N° Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

<b>Capítulo: 02</b>	<b>Virola</b>
---------------------	---------------

6	02.03 2.1 D30TD100	Ud	<b>Virola principal</b>			
			<b>Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado.</b>			
		Ud	Colector acero inox AISI 316 2" 1/2 conex.	8,000	95,23	761,84
		Hr	Cuadrilla soldadores	80,000	28,29	2.263,20
		Ud	Chapa de acero inoxidable AISI 316 de 8 mm	60,000	485,25	29.115,00
		Ud	Val.segurid.s/manomet.1 1/4"	1,000	38,27	38,27
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	32.178,31	965,35
			Clase Mano de Obra			2.263,20
			Clase Material			29.915,11
			Clase Medio auxiliar			965,35
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>33.143,66 €</b>

<b>Capítulo: 03</b>	<b>Pre calentadores</b>
---------------------	-------------------------

7	03.01 3.1 D25LL060	Ud	<b>LLAVE DE ESFERA 2" 1/2</b>			
			<b>Ud. Llave de esfera de 2" 1/2 de acero inoxidable AISI 316</b>			
		Hr	Oficial 1ª fontanero	0,150	14,97	2,25
		Hr	Ayudante fontanero	0,150	13,31	2,00
		Ud	Llave de esfera 2"	1,000	23,29	23,29
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	27,54	0,83
			Clase Mano de Obra			4,25
			Clase Material			23,29
			Clase Medio auxiliar			0,83
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>28,37 €</b>

8	03.02 3.2 D31SI105	Ud	<b>Intercambiadores de calor de placas Alfa Laval T2BFG</b>			
			<b>Intercambiador de calor Alfa Laval M6MFD, altura 940mm, anchura 330mm, distancia conexión vertical 640 mm, distancia conexión horizontal 140mm, tamaño de conexión conducto pulgada 2" ,caudal maximo 15kg/s, máxima temperatura 150°C, máxima presión 16 bar, principio de flujo paralelo. totalmente instalado. necesitaremos dos unidades, uno con 16m2 y otra unidad con 6 m2</b>			
		Hr	Oficial primera técnico industrial	0,450	14,97	6,74
		Hr	Peón ordinario	0,450	14,97	6,74
		Ud	Modulo intercambiador de calor de placas	2,000	502,36	1.004,72
		Ud	Placas de titanio para intercambiador de calor	70,000	22,13	1.549,10
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	2.567,30	77,02
			Clase Mano de Obra			13,48
			Clase Material			2.553,82
			Clase Medio auxiliar			77,02
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>2.644,32 €</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 4
	CUADRO DE PRECIOS Nº 2	Ref.: procdp2a
	Bombas de circulación	Fec.:

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

<b>Capítulo: 04</b>	<b>Bombas de circulación</b>
---------------------	------------------------------

9	04.01 4.1 D29MA010	Ud	CIRCULADOR ROCA 1-6M3/H
---	--------------------------	----	-------------------------

**Ud. Circulador Roca, modelo PC-1045 para instalación de desalinización con presión máxima y temperatura max. de 10 bar y 110 °C respectivamente, para caudal de 1m3/h presión 8m.c.a. y 6m3/h presión 1m.c.a., constituido por motor rotor humedo, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades, con una potencia absorbida de 215W, a una velocidad max, de 2600r.p.m., conexionado eléctrico e instalado.**

Hr	Oficial 1ª electricista	3,000	14,97	44,91
Hr	Ayudante electricista	3,000	13,31	39,93
Ud	Circulador ROCA PC-1045	1,000	146,42	146,42
Ud	Valv.reten.PN 10/16 1 1/2"	1,000	23,29	23,29
MI	Conductor rígido 750V;1,5(Cu)	8,000	3,45	27,60
MI	Tubo PVC rígido M 20/gp5	8,000	1,66	13,28
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	295,43	8,86
	Clase Mano de Obra			84,84
	Clase Material			210,59
	Clase Medio auxiliar			8,86

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>304,29 €</b>
-------------------------------------	-----------------

<b>Capítulo: 05</b>	<b>Haz tubular</b>
---------------------	--------------------

10	05.01 5.1 D30TD102	Ud	Conjunto Haz tubular
----	--------------------------	----	----------------------

**Sistema de haz tubular para instalación horizontal en acero inoxidable AISI 316, protección interior anticorrosión, protección catódica, para una presión de trabajo de hasta 2 Kg/cm2, red de tuberías de acero inoxidable AISI 316 soldado, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación, totalmente instalado.**

Hr	Cuadrilla soldadores	80,000	28,29	2.263,20
Ud	Conjunto haz tubular	1,000	13.061,50	13.061,50
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	15.324,70	459,74
	Clase Mano de Obra			2.263,20
	Clase Material			13.061,50
	Clase Medio auxiliar			459,74

<b>Precio de Ejecución Material</b>	<b>15.784,44 €</b>
-------------------------------------	--------------------



	Desalinizadora MVC	Pág.: 5
	CUADRO DE PRECIOS Nº 2	Ref.: procdp2a
	Extracción de incondensables	Fec.:

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

<b>Capítulo: 06</b>	<b>Extracción de incondensables</b>
---------------------	-------------------------------------

11	06.01 6.1 D31SX155	Ud	Conjunto eyector condensador con conducciones para la extracción de incondensables  <b>Equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, se incluye en esta partida el montaje y los accesorios necesarios así como conductos y bridas.</b>			
		Hr	Oficial primera soldador	0,300	19,97	5,99
		Hr	Ayudante soldador	0,300	18,30	5,49
		Ud	Conjunto extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador	1,000	487,25	487,25
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	498,73	14,96
			Clase Mano de Obra			11,48
			Clase Material			487,25
			Clase Medio auxiliar			14,96
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>513,69 €</b>

<b>Capítulo: 07</b>	<b>Salinómetro</b>
---------------------	--------------------

12	07.01 7.1 D31SR110	Ud	Equipo célula salinométrica  <b>Ud. Unidad interior climatizadora, en instalación centralizada, conectada a la red de tuberías de la instalación (sin incluir dicha red), de paredTOSHIBA mod. MMK056, de 4800 frg/h y 5200 Kcal/h, totalmente montada, conexionada y probada</b>			
		Hr	Oficial primera electricista	1,000	14,97	14,97
		Hr	Ayudante electricista	1,000	13,31	13,31
		Ud	Caja protecci. 40A(I+N)+F	1,000	41,60	41,60
		Ud	Equipo Célula salinométrica	1,000	485,16	485,16
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	555,04	16,65
			Clase Mano de Obra			28,28
			Clase Material			526,76
			Clase Medio auxiliar			16,65
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>571,69 €</b>

<b>Capítulo: 08</b>	<b>Soporte equipo</b>
---------------------	-----------------------

13	08.01 8.1 D31SB105	m2	BANCADA METÁLICA CUARTO MÁQU.  <b>M2. Bancada para apoyo de máquinas consistente en perfiles normalizados IPN140 separados 50 cm y chapa de 5 mm estriada como plataforma de apoyo, totalmente instalado.</b>			
		Hr	Cuadrilla soldadores	14,000	28,29	396,06
		Ud	Bancada metálica	1,000	2.523,27	2.523,27
		%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	2.919,33	87,58
			Clase Mano de Obra			396,06
			Clase Material			2.523,27
			Clase Medio auxiliar			87,58
			<b>Precio de Ejecución Material</b>			<b>3.006,91 €</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 6
	CUADRO DE PRECIOS Nº 2	Ref.: procdp2a
	Modulo de automatización y control	Fec.:

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
----------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

**Capítulo: 09 Modulo de automatización y control**

14 09.01 Ud CENTRAL REGULACIÓN S/VÁLV. 3V.  
9.1  
D30YA001

**Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ).**

Hr	Oficial 1ª electricista	5,000	14,97	74,85
Hr	Ayudante electricista	5,000	13,31	66,55
Ud	Autómata programable S7-300 SIEMENS	1,000	331,11	331,11
MI	Conductor rígido 750V;1,5(Cu)	20,000	3,45	69,00
MI	Tubo PVC rígido M 20/gp5	20,000	1,66	33,20
Ud	Cto. de sondas ext-int.	1,000	48,25	48,25
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	622,96	18,69
	Clase Mano de Obra			141,40
	Clase Material			481,56
	Clase Medio auxiliar			18,69

**Precio de Ejecución Material 641,65 €**

**Capítulo: 10 Cuadro eléctrico**

15 10.01 Ud CUADRO ELÉCTRICO HASTA 10 CLIM.  
10.1  
D31SZ305

**Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 didferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado.**

Hr	Ayudante INSTALADOR E.S.T.	12,000	24,96	299,52
Hr	Oficial 1ª INSTALADOR E.S.T.	12,000	28,29	339,48
MI	Cable flex. unip. H07V-K 2.5 mm2	159,000	12,56	1.997,04
Ud	Caja estanca con conos 84x84x50	2,000	1,66	3,32
MI	Tubo metalplast UTE gris 16	32,000	1,66	53,12
Ud	Cuadro eléctrico para desalinizadora	1,000	495,83	495,83
%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	3.188,31	95,65
%	Pequeño material eléctrico	0,020	3.283,96	65,68
	Clase Mano de Obra			639,00
	Clase Material			2.549,31
	Clase Medio auxiliar			161,33

**Precio de Ejecución Material 3.349,64 €**

CONTIENE EL PRESENTE CUADRO DE PRECIOS UN TOTAL DE QUINCE UNIDADES DE OBRA

5 de Junio de 2016

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....

	Desalinizadora MVC	Pág.: 1
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Compresor	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>1</b>	<b>Compresor</b> <b>Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520 con las siguiente características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses.</b>			
1.1 D39GA041	Ud Variador de frecuencia electrónico Ud. Suministro e instalación de variador de frecuencia electrónico TORO ó DIRD , digital, con transformador incorporado y montaje.	1,00	1.111,74	1.111,74
1.2 D44IC110	Ud MANÓMETRO Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	2,00	18,19	36,38
1.3 D44IC100	Ud TERMÓMETRO Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	2,00	23,43	46,86
1.4 D39GC021	Ud ELECTROVÁLVULA 1 1/2" C/ARQUETA Ud. Suministro e instalación de electroválvula de acero inoxidable AISI 316 RAIN BIRD de 1 y 1/2", con apertura manual por solenoide, regulador de caudal.	2,00	104,50	209,00
D44IA220	Ud CUAD. ELÉCT./CONT. VITOSOLIC 200 (I+N) Ud. Cuadro eléctrico y de control formado por caja estanca, interruptores de protección, contactores y selectores manuales. Incluso cableado y bornas de conexión. Control marca VIESSMANN, modelo VITOSOLIC 200, con tres sondas de inmersión y sonda de radiación solar para actuación de bombas del primario y secundario monofásicas, en activo/reserva, así como otros equipos de la instalación solar. Incluso accesorios y pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.		1.617,80	
1.5 D45AB100	Ud Compresor de vapor Compresor de 11,75 kW con presión de aspiración y descarga de 0,27 bar y 0,32 bar respectivamente, para ello un compresor MECO GII Centurbo Compressor modelo RD-1520 con las siguiente características de 12 kW de baja presión y de 13000 rpm con el motor eléctrico directamente acoplado al rotor evitando así el uso de elementos de transmisión. Los cojinetes son refrigerados por aire y lubricados por aceite de manera intermitente con una simple niebla de aceite, por lo cual evita un sistema de recirculación de aceite con filtros, bombas, enfriadores, válvulas e instrumentación además este sistema requiere de una cantidad sensiblemente inferior de aceite, según MECO estos compresores consumen sobre dos litros de aceite en una año, a comparación de un compresor con lubricación tradicional que consumiría varios litros cada seis meses. Completamente montado, probado y funcionando.	1,00	26.959,45	26.959,45
	<b>Total Capítulo 1</b>	.....		<b>28.363,43</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 2
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Virola	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>2</b>	<b>Virola</b> <b>Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado.</b>			
1.3 D44IC100	Ud TERMÓMETRO Ud. Termómetro de esfera para calefacción con escala 0°C-120°C, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	2,00	23,43	46,86
1.2 D44IC110	Ud MANÓMETRO Ud. Manómetro para agua, vapor, aire, aceite, oxígeno y otros no corrosivos, construido en latón y graduado hasta 4 kg/cm2, incluso parte proporcional de pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.	2,00	18,19	36,38
2.1 D30TD100	Ud Virola principal Ud.Virola de acero inoxidable AISi 316 para una presión de trabajo de 0,2 bar , red de tuberías de acero inoxidable AISI 316, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación todo-nada, totalmente instalado.	1,00	33.143,66	33.143,66
	<b>Total Capítulo 2</b> .....			<b>33.226,90</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 3
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Pre calentadores	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>3</b>	<b>Pre calentadores</b> <b>Intercambiadores de placas compactos de construcción de alta calidad y diseñados para una inspección sencilla. Las unidades se presentan con placas de acero inoxidable AISI 304 / 316 y juntas EPDM como standard, con otros materiales también disponibles como el titanio por ejemplo dependiendo del medio a procesar. Las juntas se organizan de modo que los dos medios (producto y servicio) se encuentren en los canales alternos creados por las placas. Un doble sello asegura que si cualquiera de los fluidos fuga, pase directamente a la atmósfera, evitandose la contaminación cruzada.</b>			
3.1 D25LL060	Ud LLAVE DE ESFERA 2" 1/2 Ud. Llave de esfera de 2" 1/2 de acero inoxidable AISI 316	8,00	28,37	226,96
3.2 D31SI105	Ud Intercambiadores de calor de placas Alfa Laval T2BFG Intercambiador de calor Alfa Laval M6MFD, altura 940mm, anchura 330mm, distancia conexión vertical 640 mm, distancia conexión horizontal 140mm, tamaño de conexión conducto pulgada 2" ,caudal maximo 15kg/s, máxima temperatura 150°C, máxima presión 16 bar, principio de flujo paralelo. totalmente instalado. necesatiremos dos unidades, uno con 16m2 y otra unidad con 6 m2	1,00	2.644,32	2.644,32
	<b>Total Capítulo 3</b>	.....		<b>2.871,28</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 4
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Bombas de circulación	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>4</b>	<b>Bombas de circulación electrobomba centrífuga modelo ROCA PC-1045 de 400 V trifásica de 1CV con capacidad de 1-6 m3/h monobloc con acoplamiento de motor directo, cuerpo de bomba con aspiración axial y orificio de impulsión vertical-radial.</b>			
4.1 D29MA010	Ud CIRCULADOR ROCA 1-6M3/H Ud. Circulador Roca, modelo PC-1045 para instalación de desalinización con presión máxima y temperatura max. de 10bar y 110°C respectivamente, para caudal de 1m3/h presión 8m.c.a. y 6m3/h presión 1m.c.a., constituido por motor rotor humedo, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades, con una potencia absorbida de 215W, a una velocidad max, de 2600r.p.m., conexionado eléctrico e instalado.	1,00	304,29	304,29
	<b>Total Capítulo 4</b>	.....		<b>304,29</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 5
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Haz tubular	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>5</b>	<p><b>Haz tubular</b></p> <p><b>Es elemento de mayor importancia del conjunto, ya que en él se produce el proceso de destilación del agua de mar. Está formado por tubos de acero inoxidable AISI 316, por el interior de los cuales fluye el vapor comprimido, por la placa tubular fija, la placa tubular flotante, las pantallas soporte y por los tirantes, de acero inoxidable AISI 316, que rigidizan el conjunto.</b></p> <p><b>En los cálculos ha dado como resultado que se necesita un a superficie de 364,3m2, por lo que se usarán tubos de 24mm de diámetro exterior y 21 mm de diámetro interior, dando una superficie de intercambio de 0,376m2 cada tubo que será de 5 m de largo por lo cual se necesita un haz tubular de 968 tubos, se redondea a 1000 tubos para dar margen de seguridad.</b></p>			
5.1 D30TD102	<p>Ud Conjunto Haz tubular Sistema de haz tubular para instalación horizontal en acero inoxidable AISI 316, protección interior anticorrosión, protección catódica, para una presión de trabajo de hasta 2 Kg/cm2, red de tuberías de acero inoxidable AISI 316 soldado, válvulas de seguridad, termómetro, manómetro, purgador, etc., y sistema de regulación, totalmente instalado.</p>	1,00	15.784,44	15.784,44
	<b>Total Capítulo 5</b>	.....		<b>15.784,44</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 6
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Extracción de incondensables	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>6</b>	<b>Extracción de incondensables</b> <b>La desalinizadora estará dotada de un equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, su funcionamiento consiste en que se realiza una extracción de vapor en la zona del evaporador, dicha extracción se conduce a un condensador, donde el medio condensante será una parte del agua de mar de alimentación, el vapor se condensa y en su parte superior está conectado a un eyector que succiona los incondensables enviándolos al exterior, el condensado volverá a la zona de agua destilada y el agua de mar aumenta su energía debido al intercambio de calor.</b>			
6.1 D31SX155	Ud Conjunto eyector condensador con conducciones para la extracción de incondensables Equipo de extracción de incondensables compuesto por un eyector y un condensador, se incluye en esta partida el montaje y los accesorios necesarios así como conductos y bridas.	1,00	513,69	513,69
	<b>Total Capítulo 6</b>	.....	.....	<b>513,69</b>



	Desalinizadora MVC	Pág.: 7
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Salinómetro	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>7</b>	<p><b>Salinómetro</b></p> <p><b>En este capítulo se presupuesta la instalación de la célula salinométrica totalmente montada incluidos los recursos auxiliares y la mano de obra.</b></p> <p><b>Equipo de control de salinidad, Alfa Laval modelo SL 3005 con las siguientes características:</b></p> <p>" Alimentación 180V / 250V AC 50-60Hz</p> <p>" Potencia 880 W</p> <p>" Rango de salinidad 0.0-0.199 ppm con alarma ajustable entre dichos rangos</p> <p>" Temperatura ambiente 0-50 °C</p> <p>" Unidad del electrodo El electrodo consta de un sensor de bronce con rosca de 1/2" y está dispuesto de manera que es fácilmente desmontables para llevar a cabo inspecciones rutinarias.</p> <p>" El salinómetro está alojado en un contenedor de plástico. La centralita electrónica se encuentra en la parte baja de la caja de plástico. A continuación se encuentra una conexión eléctrica para el suministro de energía y la transferencia de datos del equipo.</p>			
7.1 D31SR110	Ud Equipo célula salinométrica Ud. Unidad interior climatizadora, en instalación centralizada, conectada a la red de tuberías de la instalación (sin incluir dicha red), de paredTOSHIBA mod. MMK056, de 4800 frg/h y 5200 Kcal/h, totalmente montada, conexionada y probada	1,00	571,69	571,69
	<b>Total Capítulo 7</b>	.....		<b>571,69</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 8
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Soporte equipo	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>8</b>	<b>Soporte equipo</b> <b>La estructura soporta todo el conjunto de la desalinizadora. La razón de su construcción es elevar el conjunto para tener suficiente altura en la cabeza de aspiración de las bombas. Está formada por perfiles de acero soldados.</b>			
8.1 D31SB105	m2 BANCADA METÁLICA CUARTO MÁQU. M2. Bancada para apoyo de máquinas consistente en perfiles normalizados IPN140 separados 50 cm y chapa de 5 mm estriada como plataforma de apoyo, totalmente instalado.	1,00	3.006,91	3.006,91
	<b>Total Capítulo 8</b>	.....		<b>3.006,91</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 9
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Modulo de automatización y control	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>9</b>	<b>Modulo de automatización y control</b>			
	<b>Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ).</b>			
9.1 D30YA001	Ud CENTRAL REGULACIÓN SMÁLV. 3V. Ud. Central de regulación para control de la producción de agua destilada, según las condiciones exteriores, con limitación de salinidad, compuesto por; central, sonda exterior y sonda de inmersión en circuito de ida, con actuación de la central sobre la válvula motorizada de 3 vías de 2" motorizada, totalmente instalada( válvula incluida ).	1,00	641,65	641,65
	<b>Total Capítulo 9</b>	.....	.....	<b>641,65</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 10
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Cuadro eléctrico	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>10</b>	<b>Cuadro eléctrico</b> <b>Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 diferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado.</b>			
10.1 D31SZ305	Ud CUADRO ELÉCTRICO HASTA 10 CLIM. Ud. Cuadro eléctrico para mando y protección de la desalinizadora, con 1 diferencial 40 ma y 7 automaticos, totalmente montado.	1,00	3.349,64	3.349,64
	<b>Total Capítulo 10</b> .....			<b>3.349,64</b>
	<b>Total Presupuesto</b> .....			<b>89.546,79</b>

	Desalinizadora MVC	Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores2
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	01	Compresor	28.363,43
02	02	Virola	33.226,90
03	03	Pre calentadores	2.871,28
04	04	Bombas de circulación	1.217,16
05	05	Haz tubular	15.784,44
06	06	Extracción de incondensables	513,69
07	07	Salinómetro	571,69
08	08	Soporte equipo	3.006,91
09	09	Modulo de automatización y control	641,65
10	10	Cuadro eléctrico	3.349,64

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 89.546,79**

13% Gastos Generales ..... 11.641,08

6% Beneficio Industrial ..... 5.372,81

**PRESUPUESTO BRUTO ..... 106.560,68**

18% I.V.A. .... 19.180,92

**PRESUPUESTO LIQUIDO ..... 125.741,60**

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

CIENTO VEINTICINCO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS