



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

***PROYECTO DE UNA PLANTA DESALADORA
DE AGUA SOSTENIBLE***

TRABAJO DE FIN DE GRADO

AUTOR: Iván García Vázquez

DIRECTOR: Antonio Fabián Vela Gasulla

Castellón, octubre de 2018

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA.....	5
ANEXO I. DIMENSIONADO HIDRÁULICO.....	79
ANEXO II DIMENSIONADO ELÉCTRICO.....	133
PLANOS.....	142
PLIEGO DE CONDICIONES.....	145
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	163
PRESUPUESTO.....	175

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. ABREVIATURAS	11
2. ANTECEDENTES	12
2.1. Situación actual	12
2.2. Contexto europeo	13
2.2.1. Panorama del uso de agua en Europa	14
2.2.2. Reducida tasa de reutilización del caudal del agua	14
2.2.3. Escasez de recursos hídricos esenciales	15
2.3. Situación en España	18
3. TECNOLOGÍAS DE DESALACIÓN	21
4. ESTADO DEL ARTE	21
5. ESTUDIO DE MERCADO	27
5.1. Localización de las principales fuentes de producción	27
5.2. Plantas desaladoras en España	29
6. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN.	31
7. OBJETO DEL PROYECTO	32
7.1. Objetivo general	32
7.2. Objetivos específicos	32
8. EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN	33
9. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	33
9.1. Sistema de captación de agua procedente del mar	34
9.1.1. Captación de agua	34
9.1.2. Tubería de captación	35
9.1.3. Bombeo de captación	36

9.1.4. Piscina de captación	38
9.2. Etapa de bombeo hacia la zona de pretratamiento físico-químico.	38
9.3. Etapa de pretratamiento	39
9.3.1. Sistema de flotación por aire disuelto	40
9.3.2. Etapa de bombeo hacia la etapa de filtrado	42
9.3.3. Pretratamiento físico I. etapa de filtrado de doble medio	42
9.3.4. Sistema de dosificación	44
9.4. Sistema de membranas de ósmosis inversa	45
9.4.1. Bombeo primera etapa	45
9.4.2. Etapa de bastidores de membrana de ósmosis inversa	46
9.4.3. Sistema de limpieza de membranas	51
9.4.4. Mecanismo de recuperación energética	52
9.5. Postratamiento	53
9.6. Almacenamiento del agua tratada	54
10. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO	55
10.1. Comparativa de métodos de obtención de energía	55
10.1.1. Energía solar fotovoltaica	56
10.1.2. Energía eólica	56
10.1.3. Instalación de energía geotérmica	59
11. PRESUPUESTO	62

12. ANÁLISIS ECONÓMICO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD	62
12.1. Inversión inicial	62
12.2. Construcción de la planta	63
12.3. Costes de tramitación	63
12.4. Resumen	64
12.5. Costes fijos	64
12.6. Costes variables	67
12.7. Costes del m ³ del agua	70
12.8. Rentabilidad de la inversión	71
12.9. Conclusión	71
13. DOCUMENTOS DE PROYECTO	71
14. CONCLUSIÓN	72
15. BIBLIOGRAFÍA	72

1. ABREVIATURAS

OI: Ósmosis inversa

TSD: Total de sólidos disueltos

TCV: Compresión térmica de vapor

MCV: Compresión mecánica de vapor

MSF: Destilación súbita “flash” multietapa

MED: Destilación multietapa

OMS: Organización mundial de la salud

ED: Electrodiálisis

SBS: Bisulfito de sodio

RO: Reverse osmosis (ósmosis inversa)

FO: Forward osmosis (ósmosis forzada)

2.ANTECEDENTES

2.1 Situación actual

En este apartado se detallarán las condiciones de partida del proyecto, que ayudarán a determinar el entorno en el que se desarrolla para favorecer la obtención de la solución final.

Una de las cuestiones más acuciantes a las que se debe hacer frente en la sociedad actual gira en torno a la utilización del agua como recurso. Se trata de un problema a escala global, dado que la escasez de agua disponible se agrava conforme pasa el tiempo, poniendo en un aprieto a los sectores agrícolas e industriales. Además del evidente inconveniente que supone para la necesidad del agua para el propio consumo del ser humano. Para gestionar el problema, los gobiernos de distintos países desarrollan políticas destinadas a mejorar la gestión del recurso hídrico, para evitar problemas a largo plazo repercutiendo sobre el desarrollo económico-social de la región.

Dado que actualmente se tiende al aumento del gasto de agua por persona y día, se adoptan diversas medidas como las de reducción del consumo, la optimización de los recursos hídricos, y finalmente para situaciones en que ya se hayan implantado este tipo de medidas, la construcción de instalaciones de obtención de agua dulce apta para el consumo humano.

Las causas de la escasez de agua son principalmente la falta de precipitaciones en una zona y los episodios de sequía que repercuten en una inminente reducción en el consumo del agua. Según estudios realizados en lo relacionado con este tema, se estima que para el año 2025, alrededor de 1800 millones de personas vivirán en situación de escasez de agua. Otra de las causas, más indirecta, es el cambio climático. El aumento continuado del nivel del mar hace que se contaminen las fuentes de obtención de agua apta para el consumo en zonas próximas a la costa. En la actualidad se estima que cerca de 1200 millones de personas en el mundo no disponen de acceso al agua potable, dado que no existe un correcto suministro o se superan los límites mínimos, de manera que se predice que la demanda aumente hasta un 40% en años sucesivos. La irregularidad de la distribución influye hasta el punto de que tan solo el 12% del total de la población consume el 85% del agua disponible apta para el consumo humano (según los estudios).

ESCASEZ DE AGUA PREVISTA PARA 2040

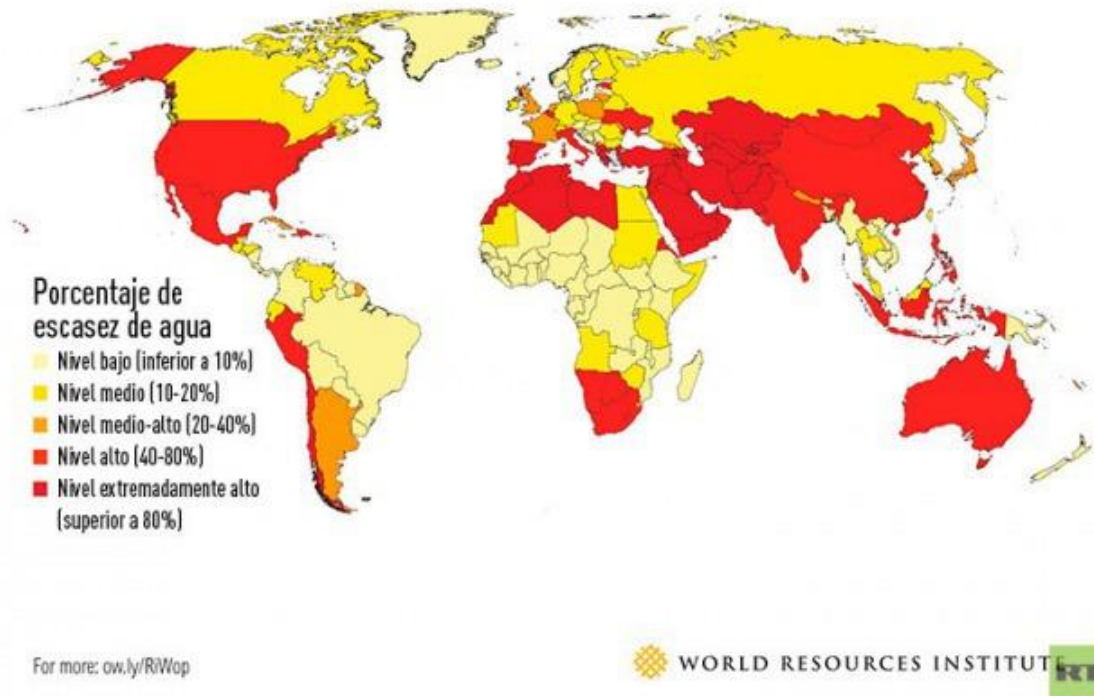


Figura 1. Escasez de agua prevista para el 2040. Fuente: blog *iagua*. (<https://www.iagua.es/>). Imagen del World Resources Intitut.

2.2. Contexto europeo

En Europa, existen numerosos países afectados por la escasez de agua. Si bien el sur del continente se ve más afectado debido a la actividad turística. Un informe del AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) manifiesta la insostenibilidad de la utilización del agua producida en múltiples zonas del continente. Además de ello también aporta sugerencias para corregirla. En cuanto a los resultados expuestos se extrae que alcanzar una solución de cara al equilibrio entre la reducción de la demanda y el aumento de la oferta, es posible; sin embargo han de adoptarse ciertas políticas:

- Una combinación de selección de cultivos y de métodos de irrigación mejorará significativamente la eficiencia hídrica de la agricultura asesorando a los agricultores mediante una serie de programas. Los fondos nacionales y europeos, incluida la Política Agrícola Común de la Unión Europea, dispondrán de un papel importante en cuanto al fomento una utilización sostenible y eficiente del agua en la agricultura.
- Los gobiernos introducirán más planes de gestión de sequía y se centrarán más en el riesgo que en la crisis y su gestión.

- En todos los sectores, incluido el agrícola, se establecerá un sistema de tarifas del agua en función del volumen de caudal consumido.
- Implantación de fuentes alternativas para el suministro como pueden ser las aguas tratadas de origen residual o la recogida de agua procedente de las precipitaciones, con el objetivo de paliar el estrés hídrico. Los cultivos bioenergéticos, con un elevado consumo hídrico, se evitarán en zonas donde exista una notable escasez de agua.
- Se corregirán las fugas de la red pública de abastecimiento. Esto es importante dado que actualmente las pérdidas de caudal provocadas por las fugas que aparecen a veces ascienden a tal punto que suponen hasta un 40 % del total del caudal.
- Se establecerá un sistema de sanciones de cara a la prevención de la captación ilegal de agua para distintos propósitos como el uso en la agricultura. Se trata de una práctica considerablemente usual en regiones del continente europeo, que ha de ser vigilada y penalizada.

2.2.1. Panorama de la utilización de los recursos de agua en Europa

Los recursos hídricos europeos provienen en gran medida de aguas superficiales; Alrededor del 80% del agua se extrae de ríos y lagos y se destina a uso industrial. Para las redes de abastecimiento públicas sin embargo el agua proviene de fuentes subterráneas. Para ofrecer una visión sobre el porcentaje de agua que se dedica a cada actividad cabe señalar que alrededor del 45% se emplea en generación energética, mientras que un 24% es dedicado a la agricultura y finalmente el porcentaje restante se emplea en la red pública y otros usos industriales.

Asimismo, la Comisión Europea entra en juego aportando normas de reutilización de agua en el ámbito agrícola, incentivando a los agricultores para realizar un correcto uso de las aguas, incluso de aguas residuales, protegiendo de igual forma el medioambiente. Se proponen especificaciones y requisitos para regular aguas de tipo residual para favorecer su calidad, previniendo elementos microbiológicos como los niveles de bacteria E.Coli además de otros controles de calidad que aseguren que el agua sea apta para las diversas actividades.

2.2.2. Reducida tasa de reutilización del caudal de agua

Lamentablemente, existe conciencia de la falta de reutilización que se le da al agua empleada, situándose la tasa de reutilización muy por debajo del potencial que puede alcanzar. Hace falta comprender que el impacto ambiental se reduce con esta medida, así como el gasto en consumo energético si se realiza la comparación con la energía que se precisa en la extracción y el transporte del agua potable.

Las nuevas normas que se aplican buscan garantizar una utilización eficiente de las aguas tratadas que provienen directamente de instalaciones de tratamiento de aguas

residuales, alcanzando una solución alternativa de cara al consiguiente suministro de caudal de agua apta para el consumo, respetando la fiabilidad del proceso. Estas medidas reducen los costes teniendo en cuenta que se les ofrece un nuevo uso a las aguas residuales no potables, convirtiéndose de nuevo en aguas útiles.

2.2.3. Escasez de recursos hídricos esenciales

En líneas generales, Europa no se caracteriza por ser un continente árido, sin embargo en los últimos años se han vivido episodios de sequía de grandes proporciones, recogidos en el gráfico inferior.

Existe una forma de cuantificar estos fenómenos, mediante el índice de explotación de agua, que indica una proporción entre el caudal anual extraído con respecto al total del que se dispone.

Este índice aporta información acerca del estrés que produce el agotamiento de recursos de agua dulce. En caso de estar por encima de un 20% se hablaría de una situación de estrés del recurso. Por otro lado, si su valor excede el 40% la situación de estrés se ve notablemente agravada y denota una utilización insostenible del recurso hídrico

En la actualidad, varios países tales como Bulgaria, Chipre, Bélgica, España o Italia tienden a consumir más de un 20% del total de los suministros de los que disponen a largo plazo. Episodios de sequía han tenido lugar en diversos lugares. Es el caso de Chipre donde se han consumido alrededor de un 45 % de los recursos renovables, lo cual ha desembocado en una inevitable situación de sequía. La diferencia principal entre las distintas regiones del continente europeo viene marcada por factores como la geografía y el clima, traduciéndose en una distribución irregular y desigual del agua. Se trata de una situación propiciada por la actividad humana, que no deja de empeorar.

Otro de los factores a tener en cuenta es el del turismo. La actividad del turismo fomenta la aparición de cambios en el recurso hídrico debido a la aparición de fenómenos de salinización de los acuíferos, el aumento de la demanda de agua, la desertificación. Aunque se trata de un parámetro que afecta sobre todo al sur del continente, el problema se extiende a regiones del norte del mismo modo. Por lo tanto la mayor parte de los Estados Miembros experimentan o han experimentado recientemente episodios de sequía.

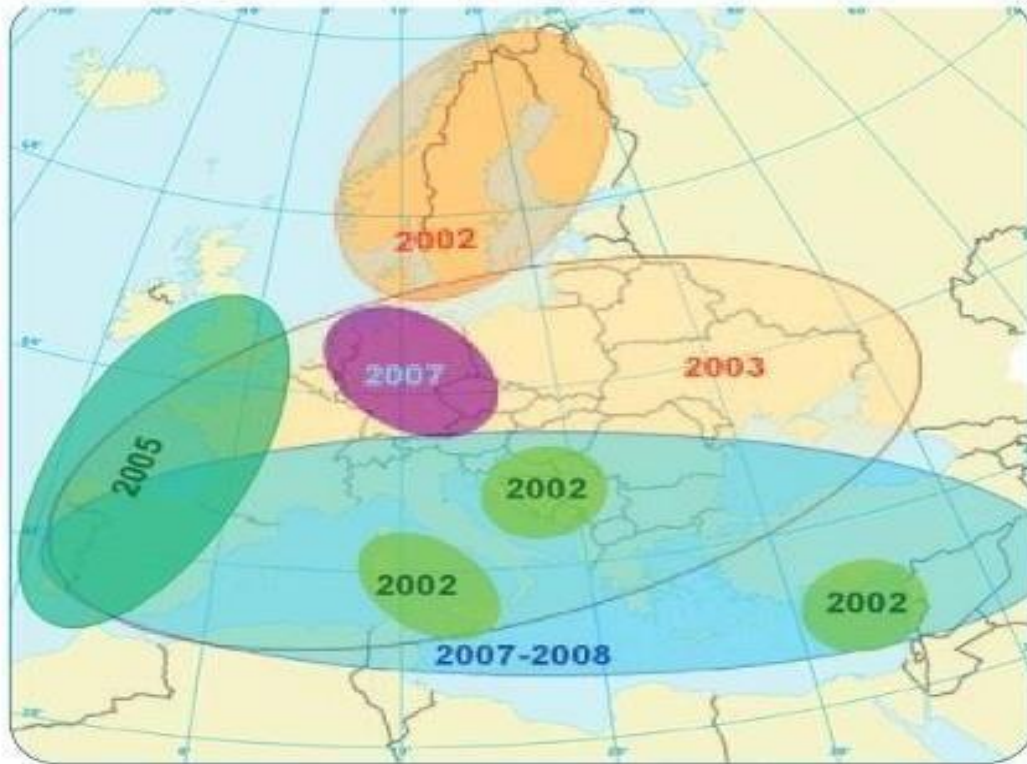


Figura 2. Principales episodios de sequía en Europa entre los años 2000 y 2010. Fuente: Centro Temático Europeo del suelo e Información Espacial (ETC-LUSI), 2011.

Como se puede apreciar, recientemente han tenido lugar una serie de episodios de sequía, que se encuentran en aumento constante desde el año 1980. Además de su frecuencia, su intensidad también ha aumentado, intensificando los costes producidos los cuales ascienden a la cantidad de 100.000 millones de euros durante el transcurso de los últimos 30 años.

Uno de los episodios más relevantes fue el del 2003, por el cual prácticamente un tercio de las regiones del continente europeo se vieron afectadas, esto implica un total de aproximadamente cien millones de habitantes. Del mismo modo, atendiendo a la afección producida por episodios de sequía en el periodo comprendido entre los años 1975 y 2006, se conoce que el porcentaje de habitantes ascendió un 20 % ocasionando asimismo un aumento del coste medio anual, el cual se vio cuadruplicado en ese periodo.

Actualmente se estima que el porcentaje de caudal de agua malgastado oscila entre los valores de 20% y 40 %, siendo las fugas en el sistema de distribución la principal causa de ello. Otra de las causas es el incumplimiento de las medidas básicas de ahorro de agua como pueden ser el goteo de los grifos en el ámbito doméstico, o el exceso de actividades de riego que no requieren una aplicación necesaria. La

tendencia a llevar a cabo este tipo de prácticas desembocará casi con toda seguridad en un aumento del 16% en el consumo de agua por parte de los habitantes, la industria y la agricultura de cara al año 2030.

Ante todo ello, en el año 2000 se adoptó una Directiva marco en la Unión Europea, de cara a la utilización del agua dulce, traducida en un acto ambicioso y completo que supone una de las mayores implicaciones en el contexto de política del agua. Las demarcaciones hidrográficas naturales suponen la base del sistema propuesto por esta Directiva en lo relacionado con la gestión, desde un punto de vista íntegramente europeo. La Directiva busca implicar de igual manera tanto a gobiernos como a las comunidades locales, ciudadanos y demás sectores.

Se plantea, en primer lugar, la protección exhaustiva de las aguas subterráneas superficiales con el fin de promover un correcto estado ecológico. Se presentan informes regulares acerca de los avances obtenidos y registrados en lo relacionado con la implantación de las medidas establecidas.

Una de las bases sobre las que se asienta esta política se conoce como jerarquización del agua. Esto consiste en la priorización de medidas en función de los requerimientos. Es decir, en primer lugar se aplicarán las medidas correspondientes a la demanda como el ahorro de agua, las mejoras en eficiencia o la correcta tarificación del recurso hídrico. De manera que en segundo lugar, y únicamente cuando estas medidas hayan sido aplicadas será cuando se apliquen los sistemas de infraestructuras adicionales para proporcionar un correcto suministro de agua como las plantas desaladoras de agua o los trasvases.

La prevención por tanto es uno de los pilares sobre los que ha de sustentarse la lucha actual contra los fenómenos de sequía y escasez. Se precisa recabar datos consolidados que denoten estados de sequía por parte de los organismos de la Unión y por lo tanto se implantará un sistema de aporte de información en tiempo real mediante un proyecto encuadrado dentro del Observatorio Europeo de Sequía que aportará información dedicándose intensivamente a medidas de seguimiento y prevención.

Por último, una medida importante es la de la modificación de la tarificación del agua dulce puesta en marcha en diversos países. Esto consiste en el establecimiento de una tarifa detallada en relación con el agua empleada en el consumo. Este sistema de tarificación sostiene que las tarifas se apliquen de manera gradual en la mayor parte de regiones, dado que las mismas aumentan la factura del agua asumida por los habitantes de dichas regiones. Existen del mismo modo sistemas de tarificación agrupados en bloques o franjas de consumo, las cuales van acompañadas de sanciones por exceso en el consumo y descuentos en caso de ahorro.

2.3. Situación en España

Los episodios de sequía en España también se manifiestan en múltiples periodos, algunos de ellos entre los años 1940 y 1945, 1980 y 1983 o 2005 y 2008. Estos episodios se registran oficialmente en series meteorológicas que comenzaron en el año 1850, y como puede verse suelen mostrar una duración de entre cuatro y seis años.



Figura 3. Embalse del Moro. Zaragoza. Fuente: "Sequías en la España peninsular y medidas de prevención. Raúl Herrero. (eselagua.com).

Estos fenómenos muestran una tendencia progresiva, partiendo de sequías poco intensas aunque de larga duración en la década de los años ochenta, y alcanzando valores mucho mayores de intensidad y déficit de precipitaciones hacia el año 2005. Entre medias, sequías como las de los años noventa que afectó a un gran número de las cuencas de la península, con valores de precipitaciones reducidos, aunque no tanto como los de la década posterior.

Uno de los periodos más intensos se ha experimentado en el año 2014. Uno de los municipios más afectados es el correspondiente a la provincia de Alicante donde hubo un registro del nivel de precipitaciones extremadamente bajo con respecto a los valores de la red de estaciones del país. El caudal de precipitaciones acumulado fue de 70 mm desde agosto de 2013; este hecho supone una sequía de alta intensidad, no habiéndose experimentado un fenómeno semejante en los anteriores 150 años. La situación tuvo consecuencias graves como el arrancamiento obligado de árboles o el deterioro de los cultivos de secano.

En un período compuesto por los últimos 150 años no es posible obtener una

comprensión fiable de la forma en que varía la naturaleza desde el punto de vista climático debido a fenómenos que alteran los resultados de los registros como la quema de combustibles fósiles. Las alteraciones se traducen en una considerable incertidumbre de cara a la previsión de periodos de sequía. Este hecho fomenta la necesidad de recurrir a otro tipo de análisis como el de documentos históricos que puedan aportar información fiable con el fin de destacar episodios de sequía previos al 1850. Como ejemplo de ello se tiene la identificación de los mismos en el período comprendido entre 748 y 879 correspondiente a Al-Ándalus. A estos episodios van ligados problemas tales como las hambrunas ocasionadas que supusieron una consiguiente emigración de los habitantes de la región hacia zonas como el noroeste africano.

Volviendo a un contexto más actual, se ha realizado recientemente un estudio llevado a cabo en el transcurso del año hidrológico de 2016-2017 que comprende los meses incluidos entre el uno de octubre de dos mil dieciséis hasta el treinta de septiembre de dos mil diecisiete. Este estudio aporta información acerca del balance hídrico presente en este año, indicando una acumulación de caudal de agua de alrededor de 551 l/m². Para entender esta cifra cabe mencionar que se tomó como periodo de referencia el abarcado por los años hidrológicos de 1980 a 2010, donde el caudal promedio acumulado fue de 648 l/m². En conclusión los datos recogidos en el año hidrológico 2016-2017 muestran un porcentaje de reducción del caudal acumulado del 15 %).

En la imagen inferior puede apreciarse las zonas con menor porcentaje de precipitaciones a lo largo de dicho periodo. Éstas se corresponden con las áreas de las Islas Canarias y Comunidades Autónomas del noroeste. Análogamente, las comunidades con mayor índice de precipitaciones son las Islas Baleares y algunas del interior del país, que obtuvieron valores de precipitación superiores al promedio anterior.

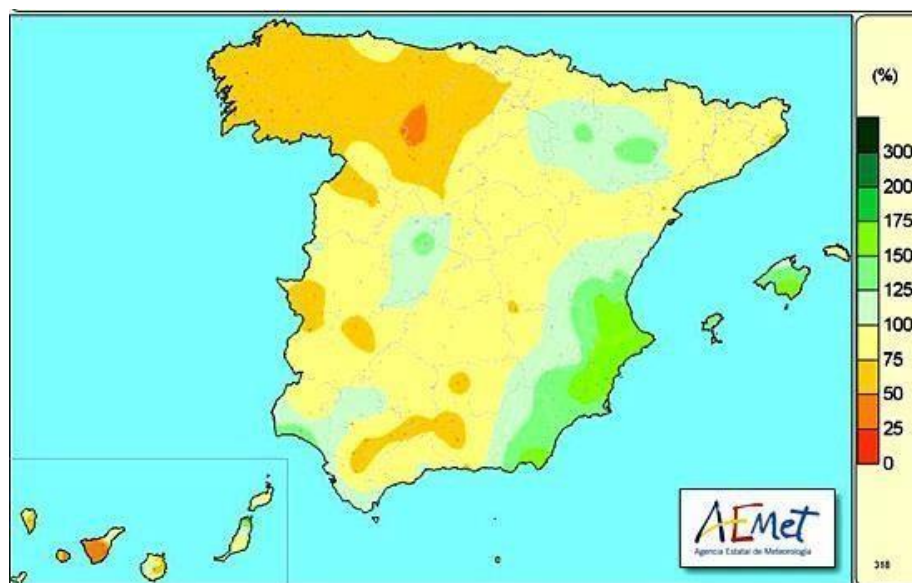


Figura 4. Porcentaje de la precipitación acumulada en el año hidrológico a 30/09/2017. Fuente: AEMET (Agencia Estatal de Meteorología).

Para cuantificar estos fenómenos de forma más minuciosa, existen otro tipo de parámetros. En el sistema de Aemet, avalado por la Organización Meteorológica Mundial, se emplea un indicador conocido como Índice de Precipitación estandarizada (SPI) que aporta información acerca de la falta de acumulación de caudal de agua procedente de precipitaciones aplicado a distintos periodos. Para proceder a su cálculo, se ha de obtener previamente un valor del índice aportado por el estudio de un periodo anterior de alrededor de treinta años, que mediante una serie de análisis estadísticos ofrece un valor tomado como el valor cero o valor límite. Este valor representa el nivel normal de precipitación, si el caudal registrado en otro período supera la media, en ese caso el valor correspondiente del SPI para dicho periodo resultará ser positivo. De lo contrario, si las precipitaciones son insuficientes e inferiores a la media establecida, su valor resultará ser negativo. Estaremos hablando de un episodio de sequía en caso de que los valores del índice resulten ser negativos de forma prolongada. De esta manera pueden definirse de forma fiable los conceptos de comienzo finalización duración e intensidad de un episodio de sequía concreto.

En la imagen inferior se pueden observar valores de -1 e inferiores a lo largo de amplias zonas del noroeste del país y áreas de Cataluña y Canarias.

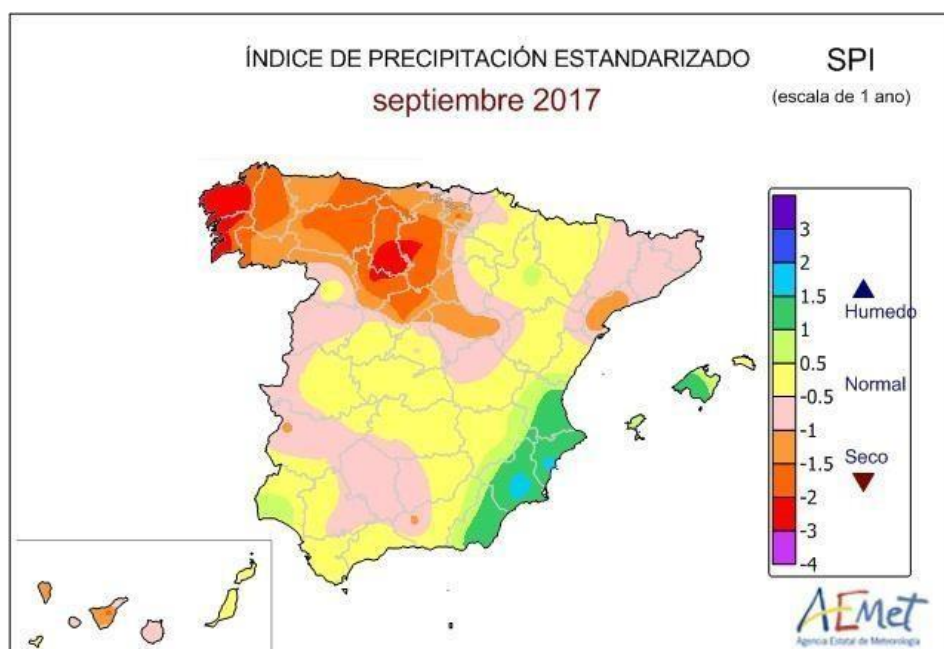


Figura 5. Valores del índice SPI del último año hidrológico. Fuente: AEMET (Agencia Estatal de Meteorología)

3.TECNOLOGÍAS DE DESALACIÓN

Ante esta serie de problemas que actualmente son, como se ha visto, de gran intensidad y preocupación, resultan ser múltiples las soluciones adoptadas. Se ha hablado de una tendencia a la jerarquización del agua intentando resolver en primer lugar los problemas relacionados con la demanda para a continuación dar paso a la construcción de estructuras como trasvases de caudal u otro tipo de plantas. Otra de las soluciones es la recarga de acuíferos subterráneos para asegurar los consiguientes suministros; para ello se procede a la inyección de aguas superficiales hacia el interior de los acuíferos formados de manera natural o artificial.

Una de las medidas más extendidas a escala global es la de la utilización de las tecnologías de desalación de agua procedente del mar, con el fin de obtener agua apta para el consumo humano. Las medidas procedentes de la implantación de las tecnologías de desalación serán el objeto principal del estudio de este proyecto.

La desalación, también conocida como desalinización, se trata de una solución especialmente recurrente en zonas con altos porcentajes de escasez de agua dulce apta para el consumo. Consiste en la captación de agua salada procedente del mar con el fin de hacerla pasar a través de una serie de procesos que tienen como objetivo extraer la sal contenida en el agua captada, proporcionando un caudal de agua tratada apta para el consumo.

En la actualidad existen alrededor de 16.000 plantas de desalación instaladas alrededor del mundo. Proporcionan una solución fiable para la escasez del recurso hídrico, a pesar de requerir una cantidad elevada de suministro energético para poner los sistemas en funcionamiento. En líneas generales una planta desaladora consiste en una amplia instalación situada cerca del mar acompañada de varias naves que albergan las diferentes etapas del proceso y depósitos de almacenamiento del agua. El tipo de instalaciones y estructura varían según el proceso de desalación que se emplee.

4.ESTADO DEL ARTE

En este apartado se desarrollarán los distintos tipos de plantas desaladoras que existen, atendiendo al método de desalación que emplean para su funcionamiento, y posteriormente se concluirá cuál es el tipo de planta más adecuado para solventar las necesidades del proyecto

Para facilitar dicho análisis de los distintos tipos de plantas se procede inicialmente a agruparlas según la presencia o no de cambio de fase en el fluido que tratan para obtener una correcta desalación.

Para ello, las plantas desaladoras que recurren al cambio de fase del fluido lo hacen mediante procesos de evaporación del agua como son los procedimientos de compresión térmica de vapor, o la destilación. En caso contrario en que no se requiera un cambio de fase del fluido las plantas desaladoras utilizan procesos de filtración por ejemplo. Dentro de este último grupo se incluyen procesos como la electrodiálisis o la ósmosis inversa.

De cara a la puesta en marcha de un proyecto, la elección del método de desalación que se empleará en la planta resulta esencial para satisfacer las necesidades requeridas. Los criterios por los que se procede a la elección son el caudal de agua que se debe tratar, las características de la propia planta, la disponibilidad de la energía y las características del agua.

Asimismo, se puede ofrecer una segunda clasificación de los métodos de desalación en función de la manera en que se realiza la separación de los elementos. En algunos procesos es el agua la que se separa de las sales presentes en ella, requieren la energía contenida en el vapor de agua y por tanto recurren a la evaporación. Son, como se ha planteado previamente, los procesos de destilación súbita múltiple, destilación solar y compresión térmica de vapor. El método de ósmosis inversa también se incluye dentro de este conjunto, empleando como energía la presión del fluido, y añadiendo una serie de bastidores contenedores de módulos de membranas dispuestas de forma que se lleve a cabo la desalación de forma correcta.

En otros de los procesos sin embargo, son las sales las que se separan del agua a tratar. Se trata de procesos que requieren la utilización de una considerable cantidad de energía, entre los cuales se encuentra el proceso de electrodiálisis. A continuación se detallarán las características los métodos descritos previamente y la estructura de las plantas.

Procesos de desalación mediante evaporación

- Plantas desaladoras funcionando mediante compresión térmica de vapor como fuente de energía (TCV). Para llevar a cabo la desalación se utiliza un aparato conocido como termocompresor, donde se obtiene un vapor sometido a una presión intermedia entre la del vapor succionado en la última etapa (a muy baja presión) y el vapor a media presión de alimentación. Algunas plantas producen la generación de vapor en un módulo adyacente; se conocen como plantas desaladoras duales. Se trata de plantas de gran tamaño dado que mediante este método es posible obtener capacidades desaladoras muy elevadas.
- Plantas desaladoras de funcionamiento mediante filtración de doble efecto (MED). Un proceso similar al anterior en el que lo que se utiliza son una serie de evaporadores dispuestos en serie. Se trata de plantas de tamaño medio y son

muy útiles para casos en que se pueda obtener una fuente de energía térmica residual de alguna otra instalación, como de cogeneración.

- Plantas de funcionamiento mediante destilación súbita por efecto flash multietapa (MSF). Proporcionan la idea de recuperar el calor latente del vapor obtenido tras la destilación del agua de mar, para utilizarlo en una segunda evaporación de más agua de mar. Crea la necesidad de aportar energía para iniciar el proceso y poder mantenerlo. El sistema comienza con una sección de recalentamiento donde se lleva a cabo la evaporación instantánea del agua salada de entrada, para posteriormente condensarse en unos tubos situados en una cámara superior al sistema, recogiendo el condensado en unas bandejas. Mediante la repetición secuencial de este proceso varias veces, se obtiene finalmente un caudal de agua desalada. Este tipo de plantas son adecuadas para la producción de grandes volúmenes de agua, sin embargo las cantidades de energía requeridas para la producción del metro cúbico de agua son demasiado elevadas.



Figura 6. Esquema del método destilación súbita tipo flash multietapa. Fuente : Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Francisco Urrutia. "Evolución global de la capacidad de plantas desaladoras"

- Plantas desaladoras de compresión mecánica de vapor (CMV). Las plantas de este tipo incluyen un módulo donde se implanta un sistema de evaporación en vacío mediante compresión de vapor. Esto se consigue mediante un ciclo de destilación que se establece entre los dos lados de una superficie de intercambio: en uno de ellos se evapora el agua salada y en el otro se comprime lo suficiente como para que se condense. Consisten en equipos de menor tamaño con respecto a los procesos anteriores, más fiables y sencillos de operar. Dado que su mantenimiento es escaso, se utilizan para pequeños núcleos de población o zonas remotas. La capacidad máxima de los compresores es limitada y hace que no se puedan emplear estas plantas para grandes producciones de agua salada.

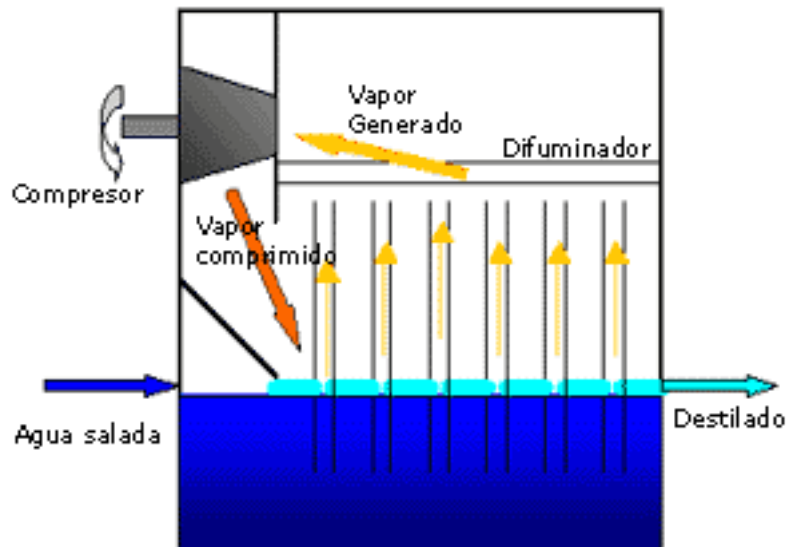


Figura 7. Esquema de funcionamiento de compresión mecánica de vapor. Fuente: CIRCE (Centro de investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Obtenida del documento: La desalación como alternativa al PHN.2001.

Plantas de procesos de desalación mediante filtración

- **Electrodiálisis.** Se trata de un proceso electroquímico adecuado para caudales de agua con alta concentración de sales disueltas. Se emplean membranas selectivas de aniones o cationes sobre las cuales se aplica un campo eléctrico, de manera que permite la transferencia de iones disueltos desde el caudal de agua de alimentación a una solución aparte. De esta forma son las propias sales (iones) quienes atraviesan dichas membranas, no hay un transporte de agua salada. Se obtiene una salmuera donde se acumula la gran parte de las sales, y un caudal de agua tratada obtenida mediante un proceso progresivo en un módulo electrolítico. El principio de la electrodiálisis se basa en la transmisión de los cationes (iones positivos) hacia un electrodo negativo o cátodo, mientras que los aniones (negativos) se transmiten hacia el electrodo positivo (ánodo).

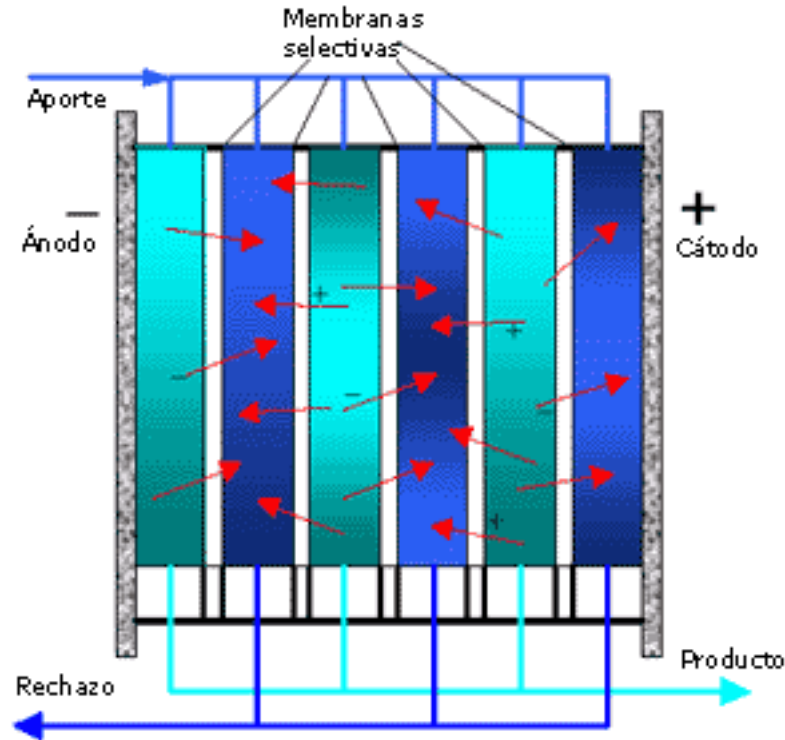


Figura 8. Esquema de funcionamiento de la desalación mediante electrodiálisis.
Fuente: CIRCE (Centro de investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Obtenida del documento: La desalación como alternativa al PHN.2001

- Ósmosis inversa. (RO). Se trata de un fenómeno en que el agua fluye atravesando una membrana semipermeable, de manera que a cada lado de la misma se encuentren disoluciones con una concentración de sales distinta. En el caso de la ósmosis directa, el sentido del flujo del agua es desde la disolución con menor concentración a la de mayor concentración. Si se logra vencer la presión osmótica, se consigue invertir el sentido del flujo, de manera que las partículas de sales se quedan atrapadas a un lado de la membrana, disminuyendo la concentración de sales al otro lado de ella en gran medida. Las características principales de este método son: un consumo eléctrico específico menor que en otras tecnologías de desalación, además de que presenta la posibilidad de reutilizar parte de la energía de la salmuera rechazada que se encuentra a una presión alta. También supone una inversión inicial menor respecto de otro tipo de procesos de desalación.

Otros métodos de desalación

- Desaladoras reversibles. Se trata de un tipo de desaladora que combina una parte de desalación con presión hidrostática con una central de bombeo. Para ellos dispone de dos balsas distintas, una central y otra superior. En una

primera etapa se trasiega agua de mar a una primera balsa de acumulación de la central de bombeo, a continuación aproximadamente un tercio del volumen de agua captado es sometido a procesos de filtración y tratamiento químico para posteriormente hacerlo pasar hacia la segunda balsa mediante la etapa de bombeo. Desde la segunda balsa se trasiega el agua por medio de un conducto en dirección hacia una membrana de ósmosis inversa que extrae las aguas como se ha mencionado previamente. Esta membrana se encuentra a nivel del mar, de manera que la presión que se ha necesitado anteriormente se aprovecha enviando la salmuera de vuelta a la primera balsa (la de la central de bombeo). La salmuera se mezcla así con el agua de mar y entonces es cuando finalmente se hace descender la mezcla de caudal de agua produciendo energía que se devuelve a la red, gracias a la acción de una turbina. Se trata de un tipo de tecnología que se encuentra todavía en vías de desarrollo, y por lo tanto de momento no muestra un 100% de fiabilidad. Sin embargo son varias las propuestas que han tenido lugar como es el diseño de la Desaladora con Central Hidráulica Reversible de Alberto Vázquez Figueroa pensada para llevar agua de mar a una montaña y proceder a su desalación mediante el método descrito anteriormente.

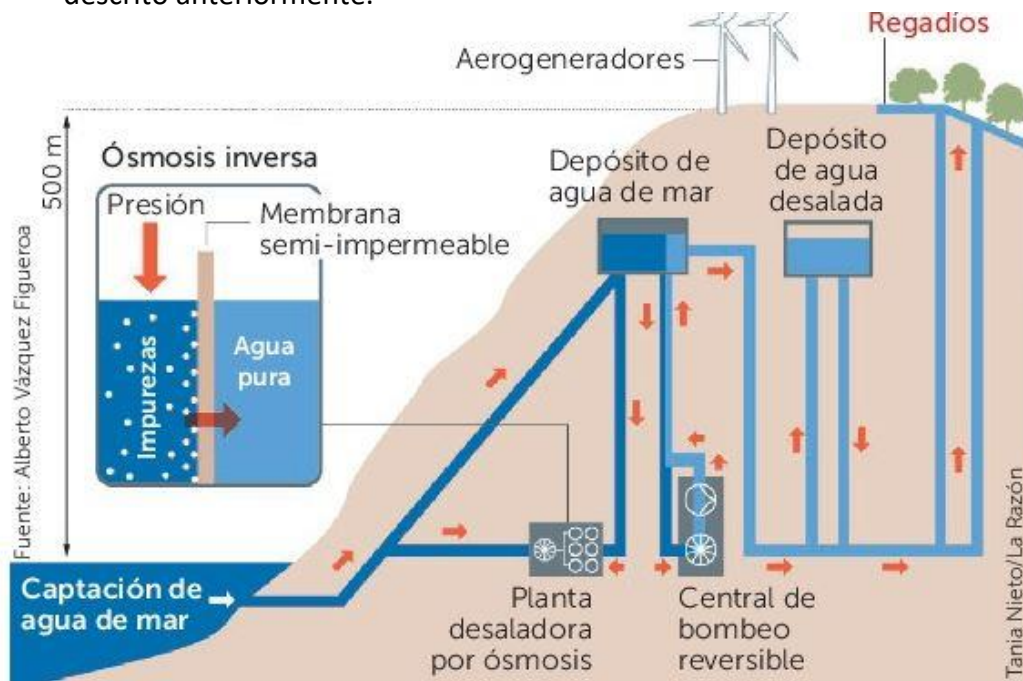


Figura 9. Modelo de planta desaladora reversible propiedad de Alberto Vázquez Figueroa. Fuente: Energialis (<https://energialis.com/2018/01/21/la-idea-para-paliar-la-sequia-que-se-queda-en-un-cajon/>). Documento extraído a su vez de La Razón.

Atendiendo a las especificaciones descritas previamente para cada tipo de planta, se extrae que las técnicas más adecuadas para el caso en el que se sitúa este proyecto son la destilación súbita por efecto flash (MSF) y la ósmosis inversa (RO) dado que ambas son las que proporcionan una capacidad de desalación suficiente como para permitir obtener el volumen de producción deseado. Recordando que se trata de un proyecto grande en el que se pretende ofrecer un suministro de agua apta para el

consumo para una gran población.

Asimismo se descarta la utilización de una planta funcionando mediante procesos de destilación basados en la compresión de vapor dado que son útiles para instalaciones de pequeñas dimensiones. Por la misma razón tampoco resulta interesante un método MED.

Por último, dado que el método de destilación súbita requiere un consumo muy elevado de energía para la producción del metro cúbico de agua tratada, se opta por escoger una planta desaladora que funcione mediante el proceso de ósmosis inversa. Este método como se ha visto permite el tratamiento de agua procedente del mar, presentando una alta capacidad de desalación para un consumo energético razonable, contribuyendo a obtener un coste para el metro cúbico de agua producido competitivo. Se escoge además dado que se ha constatado su efectividad obteniendo un agua de alta calidad, y el consumo eléctrico que requiere a pesar de no ser demasiado bajo es más razonable que para otras de las plantas mencionadas.

Para estos sistemas se requieren altas presiones que vengán el valor de la presión osmótica con el fin de asegurar la productividad, disponiendo de membranas que muestren un nivel de retención salina del 99% o mayor que favorezca la obtención de un agua producto situada dentro de los estándares. Los mismos vienen marcados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Asimismo se trata de un sistema cuya recuperación se encuentra limitada a un porcentaje máximo de alrededor del 50 % o 60%. Todo ello variará en función de las condiciones de concentración de sales del caudal de agua bombeado desde el mar y la máxima concentración permitida en la salmuera de rechazo que vuelve al mismo.

5. ESTUDIO DE MERCADO

5.1 .LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE PRODUCCIÓN

En este apartado se plantea un estudio acerca de cómo se distribuyen las plantas desaladoras a lo largo del mundo para comprobar cuáles son actualmente las zonas geográficas que más precisan este tipo de tecnologías para subsistir así establecer un criterio que permita determinar qué lugares reúnen las características idóneas para implantar un proyecto como éste. Dicho estudio pretende aunar información a nivel global acerca de la localización de los centros de desalación más importantes y los países que los contienen.

A escala global, la lista de países que lideran la utilización de estas tecnologías está encabezada por los países árabes, que recurren a ellas debido al surgimiento de la necesidad de mejora de los sistemas de suministro de agua potable. Uno de los países pioneros en el campo de la desalinización del agua procedente del mar es Arabia Saudí, donde un alto porcentaje del agua consumida proviene de este tipo de

tecnologías. A continuación se sitúan países del Golfo Pérsico como Emiratos Árabes Unidos Kuwait o Qatar, así como otros países entre los cuales figuran Estados Unidos, Japón, Libia e incluso España.

De hecho, de entre las plantas desaladoras de mayor tamaño destaca la planta de Sorek ubicada en las proximidades de la ciudad de Tel Aviv en Israel. Fue inaugurada en el año 2013, disponiendo de una capacidad de tratamiento de agua salada de 624.000 $m^3/día$. Se trata de un proyecto llevado a cabo por una empresa española llamada Sadyt. Hablando en términos del continente europeo, la planta desaladora de mayor tamaño está ubicada en el municipio de Torrevieja. Tanto la provincia de Murcia como la de Alicante se beneficiarán del agua producida por esta planta que trasiega un total de 240000 metros cúbicos diarios de agua, gran parte de los cuales se destinarán a actividades del sector agrícola y regadío.

En cuanto al número de plantas desaladoras productoras de agua apta para el consumo, es en Oriente Medio donde se encuentra la mayor cantidad de instalaciones de este tipo. A continuación las regiones del Mediterráneo, los continentes americano asiático tal y como se aprecia en la figura inferior.

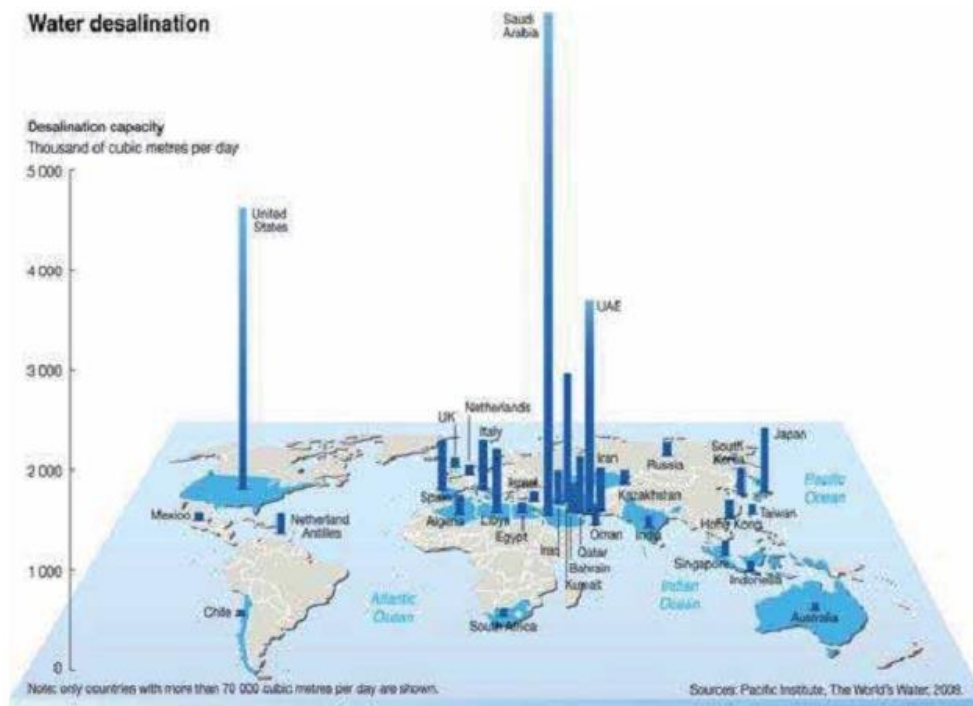


Figura 10. Distribución de las plantas desaladoras en distintos países. Fuente: Pacific Institut (2009) ;obtenida en la página de El blog del agua.(<https://blogdelagua.com/actualidad/articulo-la-situacion-actual-de-la-desalinizacion/>)

Del mismo modo, se muestra a continuación un gráfico de sectores que muestra el porcentaje correspondiente a cada uno de los continentes del total de la desalación

mundial. En dicho reparto se aprecia cómo el mayor porcentaje lo tiene Oriente Medio, seguido de América, Asia, Australia, Centroamérica y finalmente Europa.

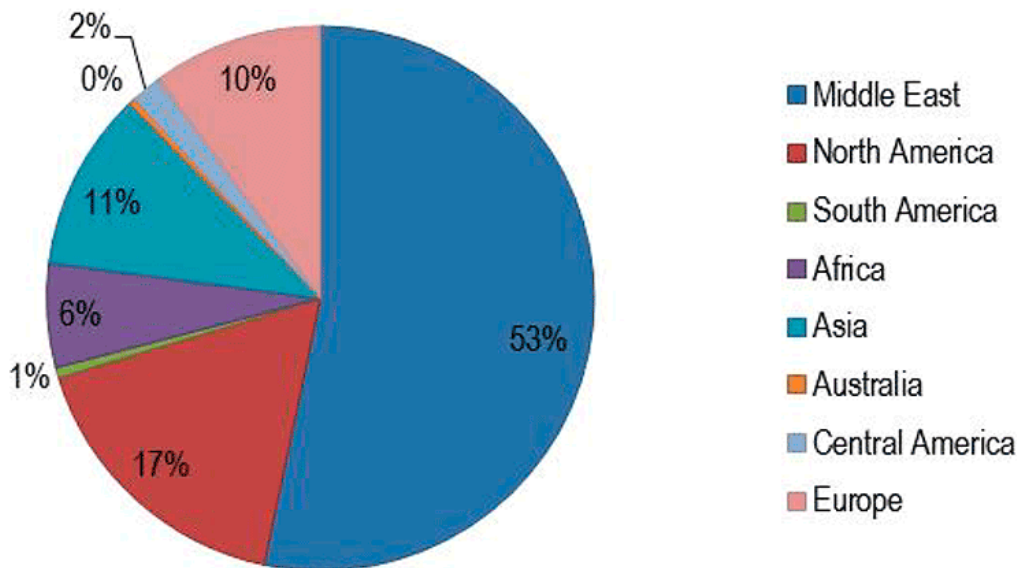


Figura 11. Gráfico de sectores del reparto de la desalación por continentes. Fuente: página web de iagua (<https://www.iagua.es/>). Imagen extraída del documento: *Desalination Technologies: Hellenic Experience*.

5.2. PLANTAS DESALADORAS EN ESPAÑA

Atendiendo al contexto de España, las primeras plantas desaladoras que se instalaron fueron ubicadas en las zonas del sur del país y las Islas Canarias debido a los requerimientos de agua potable. En el 1964 se instaló la primera planta en Lanzarote, una instalación que producía un caudal de 2500 m^3 de agua. El aprovechamiento de dicho caudal favoreció el desarrollo económico de las regiones correspondientes a las Islas Canarias donde se apreció un avance de grandes proporciones.

Tuvo que pasar un tiempo hasta que se continuase con el desarrollo de estas tecnologías dado que su inconveniente principal recae sobre el elevado coste del metro cúbico de agua y la cantidad de energía requerida. Posteriormente en el 1993 tuvo lugar la instalación de la primera planta de funcionamiento mediante ósmosis inversa en el municipio de Cabo de Gata en Almería, que contribuyó a la mejora de estas prestaciones. Mientras que inicialmente se requería una energía de alrededor de 30 o 40 kWh, con la aparición de las tecnologías de ósmosis, se consiguió una reducción significativa del consumo hasta los 8 kWh por metro cúbico. Dicha cifra obtuvo su mejor funcionalidad a comienzos de siglo llegando a valores de hasta 3 kWh por metro cúbico

A continuación en el año 2004 se realizó un programa conocido como Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua, cuyo objetivo principal fue el de gestionar correctamente la política concerniente al tratamiento de agua basándose en la desalinización. En aquel momento el país se situaba en el quinto puesto de la lista de países con mayor número de plantas desaladoras a nivel mundial, ascendiendo a un total de novecientas plantas. El caudal total de agua tratado por el conjunto de todas estas plantas se encuentra en torno a la cifra de 1,45 millones de metros cúbicos.

Asimismo, la regulación de estos sistemas se favoreció gracias a un organismo conocido como la Asociación Española de Desalación y Reutilización que se ha dedicado a proponer medidas de cara a la mejora de la tecnología de desalación reuniendo al mismo tiempo al mayor número posible de expertos universitarios y profesionales de este sector. Tiene repercusión sobre todas las plantas que operan actualmente en el país. De entre las mismas, alrededor de 330 se encuentran ubicadas en las provincias de la comunidad de las Islas Canarias.

Otras de las plantas existentes son las de El Atabal del municipio de Málaga, Las Carboneras en Almería, San Pedro de Pinatar de Murcia o la planta de Torrevieja. Ante la predominancia en las plantas del sur del país, se han llevado a cabo propuestas como la del 2005 de cara a la construcción de más instalaciones en el Levante español. Sin embargo la propuesta fue encuadrada en una época de menor demanda por lo que varias plantas procedieron a la reducción de sus producciones en un 15% de su capacidad de desalación. Más adelante se presentó la necesidad de reactivarlas alcanzando los porcentajes de producción iniciales debido a episodios de sequía como los del año 2017, acompañados de circunstancias como el cierre del trasvase ente los ríos Tajo y Segura.

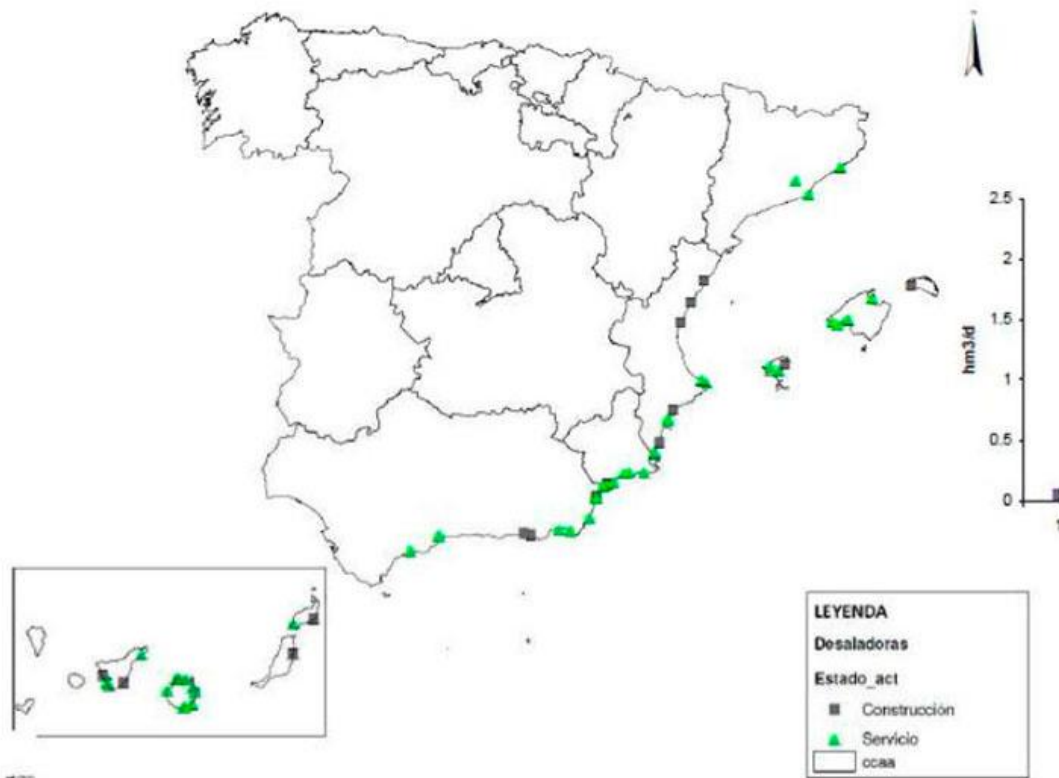


Figura 12. Ubicación de las principales plantas desaladoras en España. Fuente: Aqcuae Fundación (<https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/sostenibilidad/plantas-desaladoras-en-espana/>). Imagen propiedad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente.

6. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTUACIÓN

En base a los puntos expuestos previamente acerca del panorama global y local en relación con las tecnologías de desalación, se extrae que la necesidad de actuación ante la escasez de agua es acuciante y vital para prevenir un problema de gran envergadura en los años sucesivos.

Se aprecia que son muchos los países que cuentan con dicha tecnología para actuar ante episodios de sequía, invirtiendo grandes cantidades en el desarrollo de las instalaciones de desalación y mejorando cada vez más las técnicas para obtener un agua de mayor calidad.

Por todo ello se pone de manifiesto que se trata de un proyecto adecuado a la situación actual que resolverá un problema de primera necesidad y por tanto resulta interesante su desarrollo y posterior implantación.

7.OBJETO DEL PROYECTO

7.1 OBJETIVO GENERAL

Este proyecto tratará acerca del desarrollo de una planta desaladora de agua. Abarcará los procesos y medidas necesarios para llevar a cabo un adecuado diseño de las instalaciones necesarias para proporcionar una correcta desalación, en el marco de una planta de tratamiento de aguas procedentes del mar.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El proyecto se enfocará hacia el desarrollo de las instalaciones de una planta situada al lado del mar, dado que cuanto mayor sea su proximidad al mismo, menor energía se requiere en el proceso de captación. Del mismo modo, el objetivo del proyecto es el de llevar a cabo una instalación que permita que la obtención de la energía necesaria para poner en funcionamiento los distintos procesos se genere dentro de la misma.

De esta forma se trata de conseguir una planta energéticamente sostenible que incorpore fuentes de energía renovables tales como la instalación de paneles solares fotovoltaicos o la energía eólica, comparando sus prestaciones. Se pretende desarrollar de forma detallada las diferentes etapas que conforman el proceso de desalación, junto con las características técnicas de la maquinaria requerida, la obtención de un emplazamiento apropiado y las características de las instalaciones hidráulicas y eléctricas necesarias. No obstante, el alcance del proyecto terminará con la obtención de agua tratada, sin hacer hincapié en el transporte de la misma a sus puntos finales de demanda.

En este proyecto se partirá de unas condiciones iniciales de base que den pie al desarrollo de un sistema de obtención de agua tratada con el fin de abastecer a un municipio compuesto por un número orientativo de habitantes, de manera que sea aplicable a distintas poblaciones que encuentren sus características reflejadas en las propiamente indicadas por las condiciones de este proyecto. El objetivo del mismo, de forma más específica es el de desarrollar las medidas necesarias para obtener un sistema de abastecimiento eficaz para un municipio supuesto compuesto de un total de 300.000 habitantes, proporcionando las características que habría de tener una planta desaladora capaz de llevar a cabo dicha tarea. Por lo tanto los objetivos específicos se enmarcarían dentro de los siguientes conceptos:

-Diseño de las instalaciones de la planta desaladora

-Diseño del sistema hidráulico interno a las instalaciones, el sistema de suministro de caudal de agua al interior de la planta y de extracción del agua tratada.

-Diseño de las instalaciones eléctricas necesarias para el abastecimiento energético del edificio.

-Descripción del sistema de obtención de energía renovable dentro de la planta junto con una descripción detallada de las potencias consumidas y suministradas por el mismo

-Diseño de emplazamiento y la distribución de elementos dentro del recinto de terreno dedicado a la construcción de la planta desaladora, atendiendo a las instalaciones que se requieran para su ejecución.

8. EMPLAZAMIENTO Y LOCALIZACIÓN

Este Proyecto pretende ofrecer una alternativa en lo relacionado con las tecnologías de desalación, incorporando un sistema de abastecimiento energético como se ha mencionado previamente. El objetivo es que se trate de una tecnología de la que se pueda disponer en generaciones posteriores para dar solución al problema de escasez de agua en cualquier lugar donde se precise esta actuación.

Debido a eso, no se definirá una localización precisa para la implantación y emplazamiento de las instalaciones descritas, dado que se pretende que sea un proyecto que resulte posible de implantar en cualquier lugar donde las condiciones de partida definidas se garanticen, de manera que se pueda hacer uso de los resultados obtenidos y sistemas descritos en todos esos lugares.

Estableciendo como referencia las condiciones del agua del mar Mediterráneo en la costa española, se espera que sea posible la adaptación del proyecto tanto a municipios pertenecientes a la misma como a localizaciones exteriores fuera del país. Se definirán posteriormente dichas condiciones que deben de garantizarse para que esto sea posible

9. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En este apartado se detallarán las distintas etapas de las que constará la planta, junto con la maquinaria e instalaciones correspondientes a cada una de ellas.

En la imagen inferior aparecerán las etapas asociadas a cada proceso, junto con su representación esquemática, con el fin de ofrecer una visión clara del diagrama de flujo del proceso.

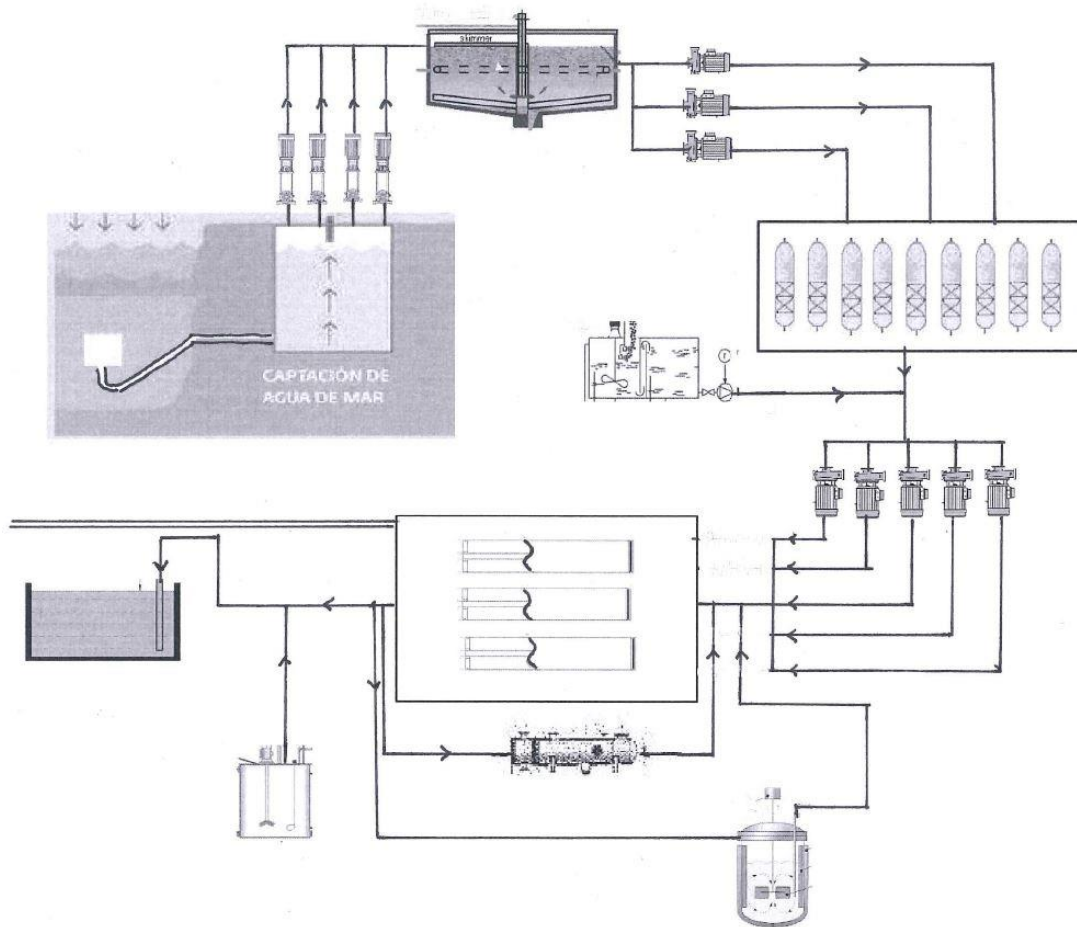


Figura13 Diagrama de flujo del proceso de desalación. Fuente: imágenes individuales recogidas de los catálogos de distintas empresas como POMPE ZANNI especificadas posteriormente. Además de documentos de bibliografía relacionada.

9.1 Sistema de captación de agua procedente del mar

9.1.1 Captación de agua

En primer lugar cabe definir las especificaciones requeridas de cara al proceso de captación del caudal de agua que posteriormente se impulsará hacia las distintas etapas de la planta desaladora.

La captación se realizará mediante una torre de captación sumergida situada a una distancia de 800 m de la orilla. Consiste en una torre de captación de toma abierta cuyo funcionamiento consiste en la utilización de una serie de ventanas dispuestas en el perímetro de la torre a través de las cuales se introduce el agua de mar. Las ventanas cuentan con una serie de rejillas construidas con polietileno que contribuyen a que no haya otros elementos que se introduzcan en la torre, ya sean sólidos suspendidos en el agua o incluso peces y algas.

Para transportar el caudal de agua desde la torre hasta la planta se utilizará una conducción mediante tuberías que se definirá a continuación. Asimismo, la torre contará con una abertura en la parte superior para trabajos de obra y mantenimiento de la misma.

La torre se emplaza en el lecho marino de arenas de elevado grosor que minimicen la infiltración de partículas. Estará ubicada en una zona cuya profundidad con respecto al nivel del mar será de 20 m, adaptada a las condiciones marítimas. Este parámetro puede variar sin embargo debido a cambios en las condiciones geotécnicas. Se establece por tanto una localización de la torre de captación a 20 m de profundidad y a 800 metros de la costa. En cuanto a la introducción de agua, la velocidad de aproximación ha de cumplir que sea menor de 0,2 m/s para asegurar un correcto funcionamiento. El dimensionado de la torre aparece detallado en el ANEXO I.



Figura 14. Imagen de una torre de captación de hormigón. Fuente: página web de la planta desaladora de Valdelentisco. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. Gobierno de España.

9.1.2. Tubería de captación

El tramo de la tubería de captación aparece detallado en el ANEXO I de cálculos hidráulicos. Se realizará mediante una única tubería con longitud de 1500 m mediante la cual se trasegará el caudal de agua desde la torre de captación hasta la posterior piscina de captación. Como se especifica en el ANEXO I la tubería escogida por criterios de precio y prestaciones es la tubería de Polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE por sus siglas en inglés)

Este material se trata de un polímero termoplástico de la familia de los polímeros olefínicos (tales como el propileno), cuya estructura está conformada por repetidas unidades de etileno. Durante el proceso de su polimerización, llevado a cabo a baja presión, se emplean elementos como los catalizadores del tipo Ziegler-Natta). Entre algunas de sus prestaciones se encuentran las siguientes:

1. Presenta mayor rigidez que el polietileno de baja densidad
2. Se trata de un material más flexible incluso a bajas temperaturas.
3. Presenta una extraordinaria resistencia al impacto.
4. Muy buena resistencia química y térmica.
5. Su conformado resulta factible mediante los métodos de conformado empleados para materiales termoplásticos, tales como la extrusión o la inyección.
6. Es muy ligero, teniendo una densidad comprendida entre los 0,94 y 0,97 g/cm³
7. Resistente a prácticamente todos los elementos corrosivos en caso de que surjan
8. Presenta la posibilidad de trabajar a temperaturas comprendidas entre los -40 °C y los 60 °C



*Figura 15. Imagen exterior de una tubería HDPE de diámetro nominal 1600 mm.
Fuente: catálogo de tuberías lisas HDPE de la marca CIDELSA*

9.1.3 Bombeo de captación

En la tubería de captación se producen una serie de pérdidas de carga a considerar, detalladas en el ANEXO I. Además de las pérdidas producidas por las rejillas instaladas en el extremo de la tubería que han de considerarse de forma individual. Para evitar problemas en cuanto a los requerimientos de presión se decide instalar una bomba que impulse el caudal a través de la tubería hacia la piscina de captación. El cálculo de la potencia de bombeo necesaria figura asimismo en el ANEXO I. Se decide instalar una bomba de la marca Sulzer con las características técnicas siguientes (especificaciones obtenidas del catálogo de bombas de la empresa Sulzer disponible en su página web).

-Modelo : SMH Axially-Split Single Stage Pump API 610

-Potencia de funcionamiento = 710 kW

-Rendimiento hidráulico conforme a la normativa ISO13709

-Rango de funcionamiento:

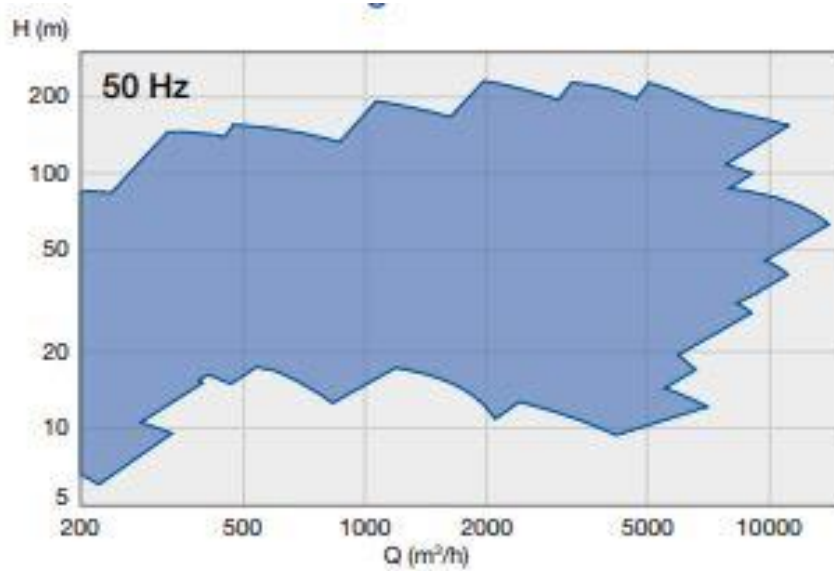


Figura 16. Rango de funcionamiento de la bomba de captación. Fuente: catálogo virtual de bombas de la marca Sulzer disponible en su página: <https://www.sulzer.com/spain>.

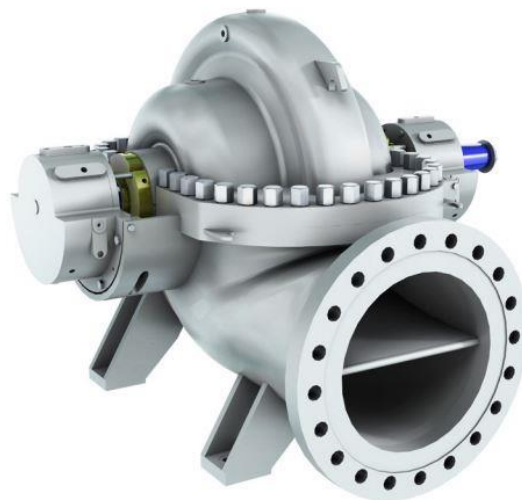


Figura 17. Bomba de la marca Sulzer Modelo SMH Axially-Split Single Stage Pump API 610 Fuente: catálogo de bombas de la marca Sulzer disponible en la página web de la empresa <https://www.sulzer.com/spain>.

9.1.4. Piscina de captación

Con el fin de almacenar el caudal de agua obtenida del mar mediante la conducción de captación se ha de instalar una piscina de captación adecuada. La piscina se encuentra a 15 m de altura con respecto al nivel del mar, recibiendo directamente el caudal proporcionado por la tubería de captación. Se trata de una piscina rectangular con las dimensiones siguientes, extraídas de los cálculos del ANEXO I: una profundidad de 5 m y un área superficial de 40m x 90m. Para asegurar el correcto almacenamiento, la tubería de captación llega hasta la piscina acoplándose a ella por uno de sus lados, incorporando una reja de desbaste de sólidos que impide el paso de sólidos de elevado grosor al interior de la piscina. Además, la introducción del caudal de agua en la piscina se realiza de forma progresiva aumentando el área de la sección del recipiente desde el final de la tubería hasta el interior de la piscina con el fin de facilitar su llenado.

9.2 Etapa de bombeo hacia la zona de pretratamiento físico-químico.

A continuación resulta necesario incorporar una etapa de bombeo para hacer pasar el caudal de agua desde la piscina de captación hasta la primera etapa de pretratamiento.

La etapa de bombeo se realiza esta vez mediante cuatro bombas cuya potencia aparece dimensionada en el ANEXO I. Por lo tanto serán necesarias cuatro conducciones hidráulicas, con el objetivo no solo facilitar la etapa de conducción sino también de prevenir el posible fallo de maquinaria en una bomba, de manera que se pueda garantizar el suministro en dicha situación mediante la utilización de las otras. En estado normal serán ambas bombas las que se encuentren en funcionamiento.

Para ello se emplearán dos bombas verticales de la marca POMPE ZANNI con las especificaciones siguientes:

-Modelo: 150.C/1

-Potencia nominal: 529 kW. El motivo de escoger una bomba con una potencia superior es debido a la necesidad de trasiego de un caudal de $1200 \text{ m}^3/\text{h}$. Sin embargo la potencia necesaria no excederá los 300 kW.

-Rendimiento hidráulico garantizado conforme a la normativa ISO9906-Grado 2-Anexo A

- 4 minutos de tiempo máximo de funcionamiento con boca de impulsión cerrada

-Caudal de trasiego de $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1200 \text{ m}^3/\text{h}$).

-Grupo de control de aleación, tubo de acero galvanizado, vástago de transmisión de acero, cuerpo de la bomba de fundición y cesta de succión galvanizada.



Figura 18. Imagen de bomba vertical de la marca POMPE ZANNI. Fuente: Catálogo de bombas de eje vertical de la marca POMPE ZANNI disponible en su página web(<https://www.pompezanni.it/es/>)

9.3. Etapa de pretratamiento

A pesar de que el núcleo de la planta desaladora reside en la etapa de membranas de ósmosis inversa que se describirá posteriormente, resulta imprescindible llevar a cabo un pretratamiento del agua con el fin de retirar toda la materia en suspensión que pueda contener y que no haya sido retirada en las etapas previas.

Para tal efecto, el caudal de agua es sometido a una serie de procesos que contribuyen a mejorar sus propiedades físico-químicas y biológicas. Con ello se consigue que los equipos no sufran rotura o deterioro, lo cual es de vital importancia dado que en la etapa de bastidores de membranas solamente se lleva a cabo la separación del agua y las sales contenidas en la misma; su objetivo es desalar y no filtrar.

Los principales problemas que presenta la existencia de materia biológica o elementos en suspensión son la corrosión de los equipos y conductos y la aparición de fenómenos como la incrustación de materia en conductos y membranas lo cual supondría un deterioro muy pronunciado sobre las mismas. Mediante la reducción y prevención de estos fenómenos se consigue evitar los riesgos de atascamiento provocados por dicha acumulación de sustancias o microorganismos. Los atascamientos provocan una

reducción notable en la vida útil y la eficiencia de las membranas, y van acompañados de una disminución de la calidad del agua producida y un aumento de los costes de mantenimiento.

9.3.1. Sistema de flotación por aire disuelto.

La flotación por aire disuelto (conocida como DAF por sus siglas en inglés) consiste en un proceso emergente diseñado para la clarificación del agua de mar previamente a su desalación mediante ósmosis inversa.

Se trata de un proceso mediante el cual finas burbujas de aire se adhieren a la materia suspendida en un líquido, flotando hacia la superficie para su posterior eliminación. Estas burbujas se adhieren a la materia en suspensión sin importar si se trata de algas, aceite u otro tipo de elemento contaminante reduciendo así temporalmente su densidad. Las burbujas flotantes hacen que las partículas se eleven a la superficie.

Sin embargo, no es un proceso adecuado para caudales de inmisión de agua que contengan altos niveles de partículas más pesadas que no flotan, ya sean por ejemplo partículas de limo o arcilla.

Las sustancias conocidas como coagulantes y floculantes se agregan generalmente al agua para procesar sólidos en suspensión y partículas coloidales en aglomeraciones. Luego, el proceso depende de la aireación, es decir el agregado de las burbujas de aire previamente mencionadas. Dichas burbujas se adhieren y hacen flotar las partículas floculadas a la superficie a través de la cual son eliminadas. La DAF puede resultar eficaz en el tratamiento de floración de algas o mareas rojas en caso de que haya una sobreproducción de algas que decolora el agua superficial y suponga una contaminación con diversas toxinas. Se entiende por lo tanto marea roja como una proliferación de una o varias microalgas en cualquier caudal de agua en una zona determinada que produzca un efecto nocivo en otros organismos.

Los parámetros que intervienen de forma directa en la eficacia de este método son desde la concentración de polielectrolitos (floculantes orgánicos de índole aniónica o catiónica) hasta la concentración de cloruro de hierro (como coagulante inorgánico) o la del colector de flotación (utilizado como oleato de sodio). Del mismo modo la eficiencia del proceso se mide atendiendo a la turbidez del agua obtenida, la cantidad de sólidos y su pH.

Los objetivos de este método son los de obtener las siguientes especificaciones en el agua de salida:

- Turbidez < 0,5 NTU
- Índice de densidad de sedimentos : SDI<3
- Ausencia de oxidantes
- Baja concentración de metales residuales (Fe, Al)

-Ausencia de microalgas

-En cuanto al SDI, el valor obtenido recomendado es el de 3 dado que dicho valor origina de forma empírica una operación aceptable, aunque usualmente la garantía de las membranas de osmosis permite hasta un valor de 5.

-Recirculación de caudal de entre el 6 y el 10 %

El aire inyectado se encuentra a baja presión, siendo este disuelto en agua y posteriormente liberado a presión atmosférica. El tamaño de la burbuja de aire depende de la densidad del agua y el tamaño de las microalgas, La remoción final de las partículas superficiales se realiza mediante un dispositivo de desnatado. En conclusión, los sistemas de flotación por aire disuelto consiguen remover eficazmente el total de sólidos en suspensión (SST), los aceites y grasas (FOG) , microalgas y otros contaminantes de las aguas.



Figura 19. Imagen exterior del tanque de flotación por aire disuelto. Fuente: Purescience. <http://spanish.seawaterroplant.com/supplier-93926-waste-water-treatment-plant>

9.3.2. Etapa de bombeo hacia la etapa de filtrado

Para proceder a conducir el caudal de agua hacia la siguiente fase del pretratamiento se requieren tres bombas cuya potencia está del mismo modo calculada en el ANEXO I. Se necesitarán tres bombas de la marca SBMC de una potencia de 97 kW que trasieguen un caudal de $566 \text{ m}^3/\text{h}$ cada una de ellas

Para ello se utilizarán tres bombas de la marca con las especificaciones siguientes

-Modelo : UHB-ZK250/600-32

-Potencia nominal : 110 kW

-Caudal trasegado máximo : $600 \text{ m}^3/\text{h}$.

-Diseño certificado mediante la norma ISO9001:2008:SGS

-Impulsor de tipo abierto

De esta manera se garantiza la posibilidad de trasegar el caudal necesario hacia la etapa de filtrado.

9.3.3. Pretratamiento físico I. Etapa de filtrado de doble medio

A continuación resulta necesaria la aplicación de una etapa de pretratamiento físico inicial dado que aunque el método de flotación por aire disuelto extrae gran parte de los sólidos disueltos y la materia biológica del caudal de agua inmisario, no resulta un tratamiento lo suficientemente eficaz como para poder proteger las etapas posteriores adecuadamente. Se realiza por tanto un filtrado mediante filtros de doble medio compuestos por arena y antracita contenida en una serie de depósitos a través de los cuales se hace pasar el agua. Se trata de filtros horizontales de tipo cerrado.

Se utilizará filtros horizontales comerciales de la marca Inter Water, diseñados para una filtración de alto flujo. El modelo H1200-2.3 tiene una capacidad para filtrar un caudal total de $97 \text{ m}^3/\text{h}$.(dato extraído de la hoja del catálogo de filtros de la marca: <http://gpa.com.mx/producto-articulo/filtro-horizontal-comercial/>). Dado que el caudal necesario que se ha de trasegar en ese tramo es de $1700 \text{ m}^3/\text{h}$, el número de filtros necesarios será de:

$$\text{Número de filtros}(N) = \frac{Q_{\text{trasegado_etapa}}}{Q_{\text{max_filtro}}} = \frac{1700\text{m}^3/\text{h}}{97 \text{ m}^3/\text{h}} = 17,52 \rightarrow 18 \text{ filtros}$$

Por tanto serán necesario un total de 18 filtros para poder hacer frente a ese caudal. Las características de los mismos son las siguientes:

- Diámetro nominal: 120 cm
- Longitud: 230 cm
- Superficie de filtración : 2,419 m^2
- Tanque resistente a la corrosión y con recubrimiento UV que le permite trabajar directamente bajo la incidencia de los rayos solares
- Presión máxima de trabajo de 5.0 bar
- Profundidad de la cama de arena: 0,6 m

Por lo tanto el área total de filtrado es de :

$$A_f = N \times A_i = 18 \times 2,419 = 53,54 \text{ m}^2$$

Siendo:

- A_f : área de filtrado total (m^2)
- N : número de filtros
- A_i :área de filtrado de cada filtro (m^2)



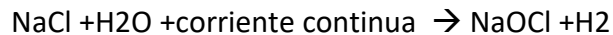
Figura 20. Imagen exterior del filtro de doble medio de la marca inter Water Modelo H1200-2.3. Fuente: Documento del folleto del filtro disponible en la página web de Water Zone

(http://gpa.com.mx/informacion_tecnica/01_folletos/inter_water/01_filtros/01_filtros_de_arena/folleto_filtro_horizontal_esp.pdf)

9.3.4. Sistema de dosificación

A continuación se instalará un sistema de dosificación de agentes químicos que actúan sobre el agua antes de su paso por las membranas. El caudal de agua a tratar todavía dispone de bacterias protozoos y elementos similares que pueden dañar las membranas de ósmosis inversa, contribuyendo a la formación de una biopelícula en la superficie de las mismas. Se trata de una colonia de bacterias susceptible de aparecer en una superficie en la que confluya una fuente de carbono nutrientes, favoreciendo una bioincrustación. EL pH ha de ser corregido hasta obtener un valor de 7,5 para obtener un óptimo potencial de desinfección de cloro.

Para evitar la obstrucción biológica se emplea el método de cloración (dosis de 3 mg/l) mediante la inyección de hipoclorito de sodio (NaCl). Éste se produce según la fórmula inferior a partir del exceso de sal de cloruro de sodio presente en el agua del mar.



Esta reacción se acompaña de una posterior decloración mediante la adición de metabisulfito de sodio (SBS), siendo de 3:1 la tasa de dosificación y 2 minutos el tiempo que tarda en desencadenarse la reacción.

Además es necesaria la adición de un agente antiescalante (también llamado antiincrustante) para combatir el fenómeno de la precipitación de sales como sulfatos de estroncio, sulfato de bario o carbonato cálcico, que también ocasionan atascamiento de las membranas. Así, estas sustancias previenen la formación de cristales de procedencia salina, sobresaturando los iones del agua.

Para poder dosificar estos agentes se requiere la utilización de tres depósitos adyacentes a partir de los cuales se bombearán los mismos hacia el caudal de agua a tratar. Se utiliza un volumen por depósito de 2500 litros para poder garantizar una autonomía total igual o superior a los 15 días de duración. Este tanque incorpora instrumentación para propiciar la detección del nivel que alcanza la mezcla en el interior, aportando informaciones del nivel máximo y mínimo. En caso de sobrepasar el nivel mínimo se incorpora un sistema de control por PLC para posible bloqueo de la instalación



Imagen 21. Imagen exterior de los depósitos de dosificación química. Fuente: página de Talleres Transglass. (<http://www.transglass.net/servicios2/trabajos-realizados/110-hipoclorito-etap>)

9.4 Sistema de membranas de ósmosis inversa

Una vez llegados a este punto la siguiente etapa la conforma el proceso de desalación en sí, suponiendo el núcleo de la planta desaladora. Como se ha expuesto previamente este proceso se realiza mediante la ósmosis inversa (O.I.). En líneas generales, este procedimiento consiste en una serie de bastidores de membranas de ósmosis descritas posteriormente al cual se accede mediante una etapa de bombeo y entre los cuales se sitúa nuevamente otra etapa de bombeo. Además se incorporarán otros mecanismos como los de limpieza de membranas y la recuperación energética.

El caudal de agua de alimentación se hace pasar a través de una membrana semipermeable asegurando una presión superior a la presión osmótica, de manera que se obtenga un caudal de agua de baja salinidad permeado.

9.4.1 Bombeo de caudal de alimentación

En el conducto de salida de los filtros de cartucho se instala una etapa de bombeo capaz de impulsar el caudal hacia las membranas. Previamente se ha descrito una etapa de dosificación química. Cabe hacer referencia a que la introducción de estos agentes químicos es previa a la introducción del agua en las membranas, y por tanto también previa al bombeo. Se emplearán cinco bombas de la empresa POMPE ZANNI cada una de las cuales con las características que aparecen a continuación y cuyo dimensionado figura análogamente en el ANEXO I.

-Modelo de la bomba: HMVM 250.A/6

-Potencia nominal: 644,92 kW

-Caudal máximo trasegado: 501 m³/h

9.4.2. Etapa de bastidores de membranas de ósmosis inversa

Una membrana de ósmosis inversa se trata de un mecanismo compuesto por distintas capas de poliamida a través de las cuales se produce la filtración de cierto caudal de agua con bajo contenido en sales, y libre de bacterias y virus. La capacidad de desalación de las membranas hace que las únicas partículas que pueden atravesar los poros de las mismas tengan un tamaño máximo de 0,0001 micras. La capa de poliamida acostumbra a estar dispuesta sobre una capa porosa secundaria de polietersulfona sobre la parte interna de una lámina de tela que actúa como soporte.

Las especificaciones sobre el agua de filtrado son las siguientes:

- Temperatura del agua: 25 °C
- Presión de entrada del agua: 55-60 psi
- Total de sólidos disueltos (TDS) = 500 ppm (0,7 EC)

A mayor valor de EC peor resultará la calidad del agua obtenida y la membrana experimentará una colmatación de sales anterior. Asimismo, a mayor cantidad de agua filtrada menos tiempo de vida útil tendrá la membrana. Las distintas capas de poliamida que componen las membranas de ósmosis cumplen la función de retener las sales del agua para conseguir una alta calidad del agua tratada, para ello parte del caudal ha de ser desechado. Para ello se detallará a continuación en qué consiste el fenómeno de la ósmosis inversa.

- **La ósmosis**

La ósmosis consiste en una operación de equilibrio mediante la cual moléculas de un solvente atraviesan una membrana permeable con el fin de diluir una solución más concentrada. En el esquema inferior se describe este procedimiento.

Partiendo de un equipo (figura a) donde se produce el encuentro de dos soluciones distintas de distinta concentraciones de sal, se parte del hecho en que ambas se encuentran separadas por una barrera y sometidas a presión atmosférica. Si se retira la barrera que los separa, las soluciones se mezclan igualando su concentración en el estado de equilibrio.

Ahora partiendo de un equipo (figura b), análogo al anterior, donde la barrera sea una membrana permeable, se tiene que dicha membrana permite el paso del solvente pero no de iones ni moléculas de mayor tamaño. El solvente atraviesa la membrana hacia la solución de mayor concentración para favorecer el equilibrio, de forma que los iones se quedan atrapados al otro lado. El flujo llega al equilibrio (figura c) de forma

que el nivel de los tanques ya no varía. La presión osmótica es la equivalente a la diferencia de niveles de líquido entre tanques.

Para conseguir el fenómeno inverso, se aplica una presión de manera que se supere el valor de la presión osmótica. De esta forma el flujo se invierte, de forma que el solvente atraviesa la membrana en dirección opuesta, hacia la parte donde la concentración es más diluida. Así se consigue producir el fenómeno de ósmosis inversa.

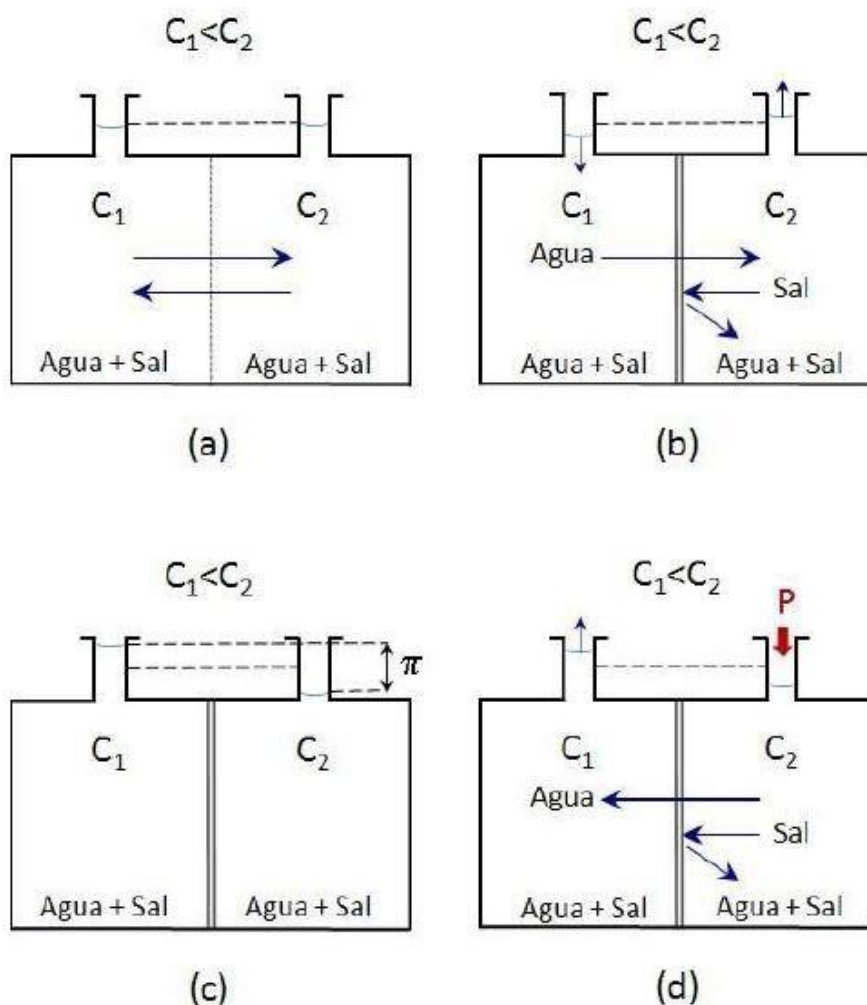


Imagen 22. Explicación del fenómeno de ósmosis inversa. Fuente: página web de [aguasresiduales.info](https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/fundamentos-de-la-osmosis-inversa). (https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/fundamentos-de-la-osmosis-inversa)

Las características de la membrana dependen de cada empresa que las produce. Normalmente son múltiples las membranas que se requieren en un proceso de estas características dado que una sola membrana solamente puede trasegar un caudal de alrededor de $37,9 \text{ m}^3/\text{día}$. Las membranas se producen comercialmente en diámetros de 2,5", 4" y 8". Dadas las dimensiones del proyecto se escogerán las de 8". Para completar la disposición de la etapa de membranas, éstas han de colocarse introducidas dentro de un tubo contenedor llamado bastidor. El número de membranas que cada bastidor contiene varía entre 1 y 8, utilizándose en este proyecto tubos a presión de 8 membranas cada uno.

Teniendo en cuenta un caudal máximo trasegado de $37 \text{ m}^3/\text{día}$ ($1,54 \text{ m}^3/\text{h}$) de cada membrana, y atendiendo al caudal total que se ha de trasegar en esta etapa de $2700 \text{ m}^3/\text{h}$ se necesitará el siguiente número de membranas:

$$\text{Número de membranas} = \frac{2700 \text{ m}^3/\text{h}}{1,54 \text{ m}^3/\text{h}} = 1750 \text{ membranas}$$

$$\text{Número de bastidores} = \frac{1750}{7} = 250 \text{ bastidores}$$

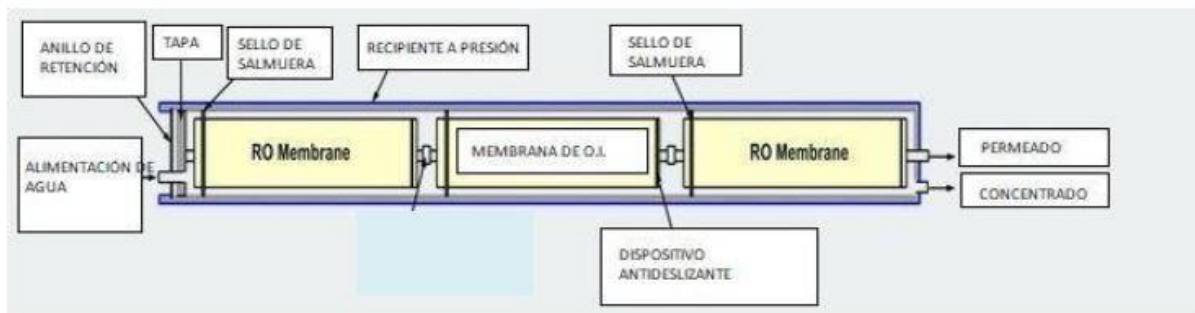


Figura 23. Partes del bastidor de membranas. Fuente: Lenntech: Water Treatment and Purification. (<https://www.lenntech.com/processes/desalination/reverse-osmosis/general/reverse-osmosis-desalination-process.htm>)

En la imagen superior se representan los elementos que forman el bastidor de membranas:

-anillo de retención: encargado de proporcionar la correcta sujeción de los elementos contenidos en el bastidor de manera que no se permita su desplazamiento.

-tapa de cerramiento del bastidor.

-Recipiente o tubo a presión contenedor de los módulos de membranas de O.I.

-Módulo de membrana de O.I

-sello de salmuera: consiste en un sello con forma de V que tiene como misión evitar la salida del agua por el espacio que hay entre la membrana en el tubo.

-Conector o espaciador que produce pérdidas de presión.

-Dispositivo antideslizante (ATD): se trata de un mecanismo de plástico localizado en los extremos de un módulo que proporciona soporte estructural a las envolturas de la membrana evitando su extensión.

-Permeado o producto: así se denomina el caudal de agua bajo en sales filtrado por la membrana.

-Concentrado o rechazo : consiste en el caudal de agua de arrastre de alto contenido en sales (las que se han extraído en las membranas) a la salida de las mismas.

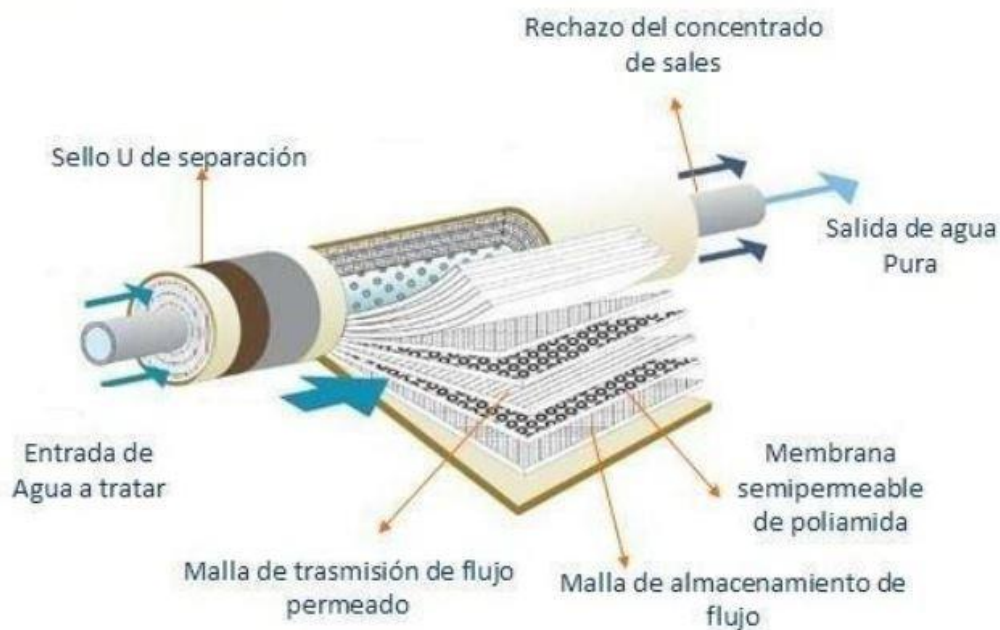


Figura 24. Partes del bastidor contenedor de módulos de membranas. Fuente: Servidor de la biblioteca de la Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla.

Los elementos descritos previamente resultan necesarios para el control de la presión y el desplazamiento de los distintos elementos dentro del bastidor. Esto es debido a que una vez el tubo se encuentra bajo presión, el módulo experimenta un alargamiento de 1 mm aproximadamente. Teniendo en cuenta un bastidor compuesto por 8 módulos, supondrá una extensión de 8 mm. Esta exposición al movimiento axial puede reducirse mediante un correcto ajuste o la utilización de elementos como arandelas en el conector de entrada final.

Se utilizarán membranas pertenecientes a la compañía TORAY Sea and Water RO Elements, cuyo modelo es el TM820K-440 , cuyas características son:

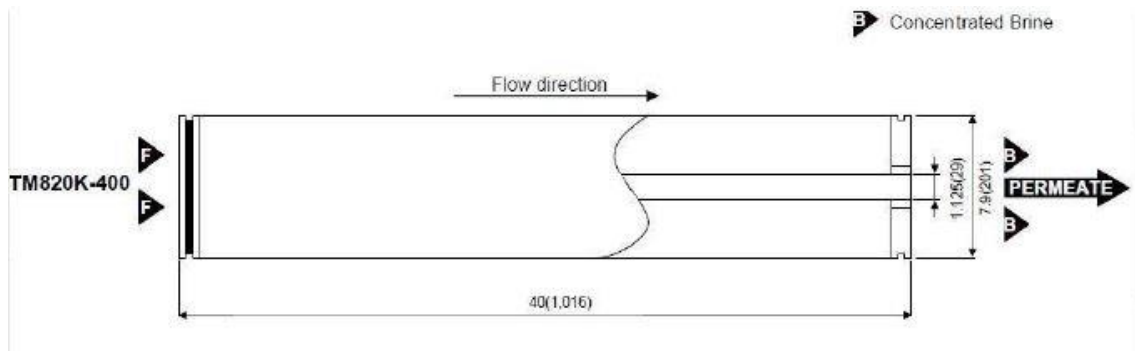


Figura 25. Esquema de módulo de membrana. Fuente: catálogo de membranas de ósmosis de la empresa TORAY Sea and Water Elements.

(<https://www.lenntech.com/Data-sheets/Toray-TMH20A-440-Brackish-Water-RO-Element-L.pdf>)

Consiste en un tipo de membrana situada en el interior de un tubo de presión de 20 cm de diámetro. El porcentaje de rechazo es del 99,86 % y el área total de la membrana de 37 m^2 . Algunas de sus especificaciones aparecen reflejadas a continuación:

- Tipo de membrana: compuesto de poliamida acromático reticulado
- Temperatura del agua de alimentación: 25°C.
- Ph del caudal de alimentación: 8
- Rango de pH del agua de alimentación en funcionamiento continuo: 2-11
- Rango de pH del agua de alimentación. Limpieza química: 1-13

Para proporcionar una alimentación de caudal correcta, la disposición de los bastidores será de entrada frontal, colocados en filas verticales de forma que la ocupación de espacio resulte mínima y la instalación sea lo más sencilla posible.



Figura 26. Conexión de los bastidores de membranas. Fuente: Documento de Fundamentos, Diseño y Mantenimiento. Bastidores de Membranas.(www.desalación.org) de Jose Luis Pérez Talavera.

9.4.3. Sistema de limpieza de membranas

Se llevará a cabo un sistema de limpieza química. Durante este proceso se empapan las membranas con soluciones de ácido hipoclorico, peróxido de hidrógeno o solución de lejía clorinada, durante unos minutos, seguidas de un chorro de agua trasero que las enjuaga para eliminar contaminantes.

Los signos de la necesidad de la aplicación de la limpieza son los siguientes:

- Una disminución de entre el 10% y 15% de la calidad del flujo de permeado
- Una disminución semejante en el caudal del agua permeada
- Un aumento de la caída de presión normalizada, teniendo en cuenta la diferencia de presión entre la concentración y la alimentación.

Se emplea un equipo compuesto por un tanque que propicie la introducción de los productos químicos y de la mezcla acompañado de un agitador que ofrezca una composición adecuada de la mezcla de producto. Además se incorpora una bomba que proporciona una velocidad de flujo transversal adecuada en la membrana, siendo éste de 30 a 40 gpm para una de 8".

9.4.4.Mecanismo de recuperación energética

La recuperación energética se emplea para poder recuperar parte de la presión del caudal de salida de las membranas de ósmosis, es decir la salmuera que posteriormente se rechazará, para poder imprimir esta presión sobre el caudal de alimentación, aprovechando la necesidad de aumentar la presión en tanta medida debido a la necesidad de vencer la presión osmótica.

En líneas generales existen dos tipos de sistemas de recuperación de energía: la turbinas y los intercambiadores de presión. Su misión es la de no desperdiciar la presión que se alcanza en esa etapa, transmitiéndosela al agua de entrada o bien utilizándola para accionar algún mecanismo electromagnético.

En este proyecto se emplea un intercambiador de presión (IP o PX e inglés) en lugar de recurrir a las turbinas debido a que los intercambiadores consiguen reducir en gran medida la potencia requerida de funcionamiento la cual se sitúa en alrededor de menos de 3 kW/m³ . Los intercambiadores son dispositivos que transfieren directamente la presión de la salmuera sin convertirla previamente en energía mecánica de rotación (método empleado en las turbinas). Según su funcionamiento existen dos tipos:

Intercambiadores de presión de rotación.

En esta clase destacan los intercambiadores ERI (denominación procedente de la empresa Energy-Recovery Inc. Quien se encarga de su fabricación. Consisten en una cámara de desplazamiento rotativo, que dispone de una rotación continua sobre un eje contenido en un bastidor o carcasa. Las cámaras interiores se llenan mediante una serie de conductos, por dos de ellos circula el agua de alimentación y por otros dos circula la salmuera de rechazo. La rotación se realiza por medio del propio movimiento del agua por tanto no se requieren pistones de separación física de corrientes, válvulas ni motores para su funcionamiento. En primer lugar se llena la cámara del rotor con el agua de alimentación a baja presión, la cual se sella procediendo a su giro hasta la posición en la que se permite la entrada de la salmuera a alta presión, produciéndose el intercambio de presión entre ambas corrientes. A continuación, la salmuera presuriza el agua de alimentación, desplazándola y cediéndole su energía para proceder al posterior sellado de la cámara del rotor la cual gira de nuevo hasta la posición de entrada del agua de alimentación.

Se empleará el modelo PX-Q300 de ERI, aportando una eficiencia del 97,2% que consigue reducir los requerimientos de energía en la bomba de impulsión del caudal hacia la etapa de membranas y por tanto consigue ahorrar energía.



Figura 29. Imagen exterior de un intercambiador de presión modelo PX-Q200. Fuente: catálogo de productos de la marca Energy Recovery Inc(<http://www.energyrecovery.com/>)

Intercambiadores de presión fijos por desplazamiento

Para este tipo de intercambiadores destacan los DEWER sobre todo de la empresa DESALCO, distribuidos a su vez por CALDER. En este caso el método de recuperación emplea un par de tubos horizontales que incorporan un disco de separación entre ambos para hacer circular respectivamente la salmuera y el agua de alimentación. El pistón se encarga de transmitir la presión entre extremos del intercambiador mediante un sistema de válvulas patentadas de tipo válvula corredera.

9.5. Postratamiento

El postratamiento consiste en la adecuación del caudal de agua de salida a las condiciones de la utilización que se le confiera posteriormente. A pesar de tratarse de un agua libre de sales, existen otras características que requieren mejorarse. Es el caso del pH del agua que suele ser demasiado ácido para el consumo. Otras características son las concentraciones de iones de Calcio (de 2 a 6 mg/l), así como una concentración de Boro (entre 0,6 y 1,2 mg/l). Las especificaciones dependen del tipo de utilización:

-Agua Potable: requerimiento de una dureza residual de 8^ºD (100 mg/l CaCO₃). Cumpliendo requerimientos de bajo sodio y altos contenidos de calcio.

-Agua de Regadío: requiere un cierto equilibrio entre componentes de magnesio, sodio y calcio con el fin de asegurar la infiltración posterior en el terreno. La proporción se registra mediante la absorción de sodio y la conductividad eléctrica. El boro se elimina

del todo ya que supone veneno para los vegetales. Existe un método de aplicación de una resina de intercambio iónico para eliminación de boro y posterior remineralización.

-Agua de proceso: término genérico que abarca tipos de aguas que no tienen por qué cumplir los requisitos establecidos por la Organización Mundial de la salud (OMS). Se utilizan para mecanismos como intercambiadores de calor o calderas de agua.

En el caso de este proyecto los requerimientos se orientan a la obtención de agua potable apta para el consumo humano. Situándose en el primero de los casos y aplicando un sistema de postratamiento basado en la dosificación de hidróxido de calcio, dióxido de carbono e hipoclorito de sodio.

Proceso	Agua potable	Agua de regadío	Agua de proceso
para eliminar cloruro sódico	2º paso OI (BW or SW)	-	2º paso OI (BW or SW)
para añadir calcio/magnesio	remineralización		-
para neutralizar pH +/-7	inyección NaOH / HCl		
para eliminar boro	inyección de sosa cáustica	Eliminación de Boro específica IX	
para desinfectar	Requerido	No requerido	

Figura 27. Tabla resumen de técnicas de postratamiento. Fuente: Lenntech (<https://www.lenntech.es/procesos/mar/post-tratamiento/general/desalacion-post-tratamiento.htm>)

9.6 Almacenamiento del agua tratada

Por último resulta necesario emplear un recipiente en el que se contenga todo el caudal de agua tratada a partir del cual posteriormente se distribuirá a los puntos de suministro donde se requiera. El dimensionado del volumen necesario aparece reflejado en el ANEXO I de manera que son necesarios dos depósitos con las siguientes dimensiones: Altura H=5m, Radio R=16 m



Figura 28. Imagen exterior del depósito de almacenamiento de agua tratada. Fuente: Ciaqua. (<http://ciaqua.es/depositos/>)

10. Sistema de abastecimiento energético

En este apartado se habla acerca del sistema de abastecimiento energético de la planta de desalación. Se trata de un planteamiento realizado con el fin de abrir paso hacia una alternativa de cara a la obtención de energía dentro de la planta para la cual se plantearán una serie de opciones.

10.1 Comparativa de métodos de obtención de energía.

Como se ha especificado anteriormente, el objeto de este proyecto es el de proponer una opción válida de cara al abastecimiento energético de la planta mediante la generación de energía propia dentro del recinto de la misma.

Al tratarse de un proyecto orientado a una instalación cercana al mar debido a las características mencionadas previamente, son varias las alternativas posibles para cumplir dicho objetivo, sin embargo se requiere que la fuente de energía presente una viabilidad suficiente como para ser puestas en marcha.

10.1.1. Energía solar fotovoltaica.

En primer lugar la generación de energía mediante la utilización de energía solar fotovoltaica presenta una serie de ventajas en lo relacionado con su instalación, dado que se realiza mediante paneles solares de reducido tamaño que pueden ser situados en distintas zonas de la planta a pesar de que no exista una zona concreta habilitada para ello, dado que presentan la posibilidad de ser instalados incluso sobre los edificios que forman la misma. El único requisito que su situación favorezca el impacto de los rayos solares sobre los mismos de manera eficaz, de forma que no sean eclipsados por otros elementos de la instalación o por edificios adyacentes.

Para un proyecto de estas características hay que tener en cuenta la necesidad de incluir un número considerablemente alto de paneles. Esto se debe a que un panel solar de energía fotovoltaica estándar podría aportar un suministro de potencia total de unos 500 w, lo cual comparado con el sumatorio de potencias necesarias para poner en funcionamiento la planta, resulta una cantidad demasiado pequeña. Sería necesario colocar más de 4000 paneles que pudiesen aportar tal cantidad de potencia, lo cual supone un gasto muy elevado además de una necesidad de espacio considerable. Asimismo cabe destacar que este tipo de energía se caracteriza por tener el inconveniente de la intermitencia de producción, dado que a pesar de las condiciones iniciales y de contorno en las que se desarrolla la planta y su localización, la producción de energía solar se ve condicionada por las condiciones meteorológicas independientemente del emplazamiento escogido para el proyecto. Para ello sería imprescindible elaborar un estudio de viabilidad energética acudiendo a datos ofrecidos por el municipio donde se encuentre para establecer el total anual de horas de luz de los que dispone el mismo, con el fin de hacer una estimación de cuánta energía sería capaz de producir en realidad. La intermitencia de producción obligaría a establecer además un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías de hidrógeno, por ejemplo. Este proyecto no se centra en el estudio exhaustivo de este tipo de energía; existen ejemplos de plantas que funcionan de esta manera por tanto se considera que se trata de una temática estudiada que podría resultar factible. En este proyecto los requerimientos supondrían la implantación como se ha visto de un número elevado de paneles que conllevan sus correspondientes gastos de explotación y mantenimiento; sería necesario un estudio de viabilidad económico realizado para la localización precisa donde se implanten las instalaciones.

10.1.2. Energía eólica

En segundo lugar se ha planeado la posibilidad de utilizar energía eólica para el mismo fin. Actualmente la energía eólica se ha desarrollado de tal manera que puede ser aplicable no solo en tierra firme sino también dentro del entorno marítimo mediante instalaciones situadas en las inmediaciones de la orilla de diversas industrias. Se trata de aerogeneradores offshore, mientras que los aerogeneradores convencionales

situados en tierra se conocen como aerogeneradores onshore.

En cuanto a los aerogeneradores de energía eólica convencionales, la intermitencia de producción dificulta la estimación de la instalación necesaria. Para ello se requiere un estudio preliminar de viabilidad técnica aportado por un análisis exhaustivo de los mapas de vientos de la región donde se encuentre la instalación. Mediante dicho análisis se extrae el número neto de horas diarias en las que las condiciones meteorológicas resultan factibles. Esto es, en las que la velocidad del viento que impacta contra las aspas de los aerogeneradores se encuentre entre dos parámetros, uno máximo y uno mínimo, que permitan la producción energética. Dado que no solo se requiere que exista una velocidad mínima de impacto contra las aspas, sino que tampoco puede excederse en gran medida, dado que supondría un deterioro de las mismas. Se estima por tanto que sería necesaria la instalación como mínimo de tres aerogeneradores para cubrir las necesidades energéticas, funcionando en los períodos de mayor eficiencia y colocados en serie dentro del recinto de la planta. Esto supone un obstáculo importante de cara a la viabilidad espacial, dado que se requiere una distancia total de separación de los aerogeneradores adyacentes de una misma red equivalente a dos veces la longitud del diámetro del rotor. Esto es debido a que las palas de un aerogenerador distorsionan el viento, creando remolinos de turbulencias que pueden afectar a otras turbinas eólicas hasta distancias bastante grandes. Asimismo, entre los aerogeneradores de una fila y la otra, siempre habrá una distancia superior a ocho diámetros. La razón de estas distancias mínimas es la de minimizar el efecto sombra de unos aerogeneradores sobre otros.

Para implantar esta tecnología es necesaria nuevamente la realización de un estudio de viabilidad espacial y económica, así como uno de impacto ambiental de la zona donde la planta vaya a estar ubicada. Cada localización presenta unas condiciones distintas por tanto sería necesario concretar los estudios previos para cada caso específico de manera que se vea qué energía resulta más factible y si la energía eólica resultaría o no viable. En cualquier caso se trata de una energía donde los costes de inversión son elevados debido al acondicionamiento del terreno, el transporte de las piezas del aerogenerador y su construcción.



Figura 30. Imagen exterior del aerogenerador modelo Goldwind GW70. Fuente: The Wind Power Energy.
(https://www.thewindpower.net/turbine_es_439_goldwind_gw70-1500.php)

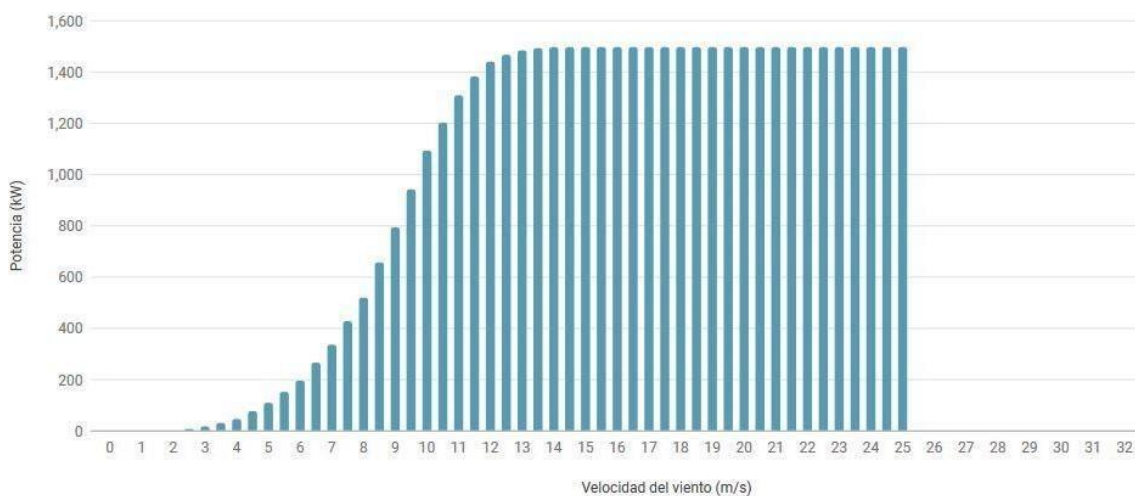


Figura 31. Curva de Potencia del aerogenerador Goldwind GW70. Fuente: The Wind Power Energy.
(https://www.thewindpower.net/turbine_es_439_goldwind_gw70-1500.php)

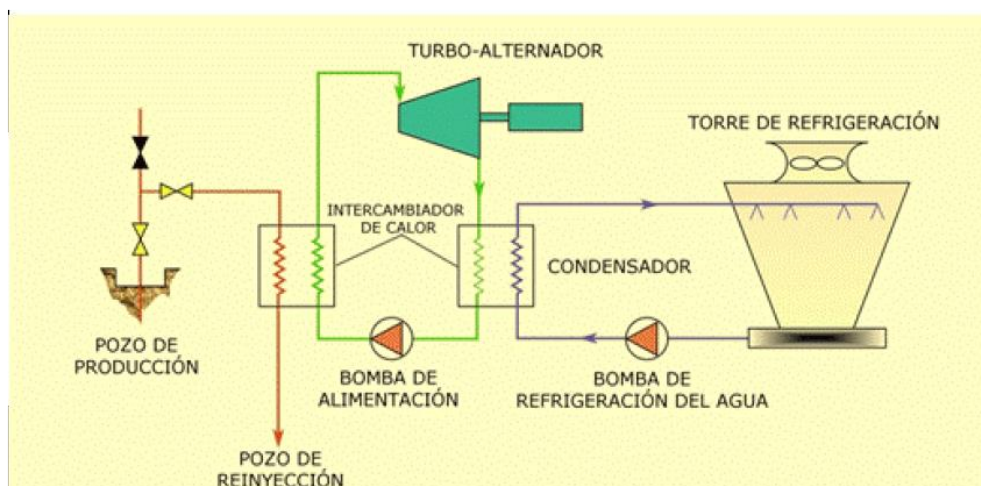
En cuanto a la instalación de aerogeneradores offshore, la ventaja más reseñable es la posibilidad de llevar la instalación fuera del terreno de la planta, de manera que se emplee el espacio marítimo adyacente a ella. Con ello la viabilidad espacial se garantiza, sin embargo existen otra serie de problemas. La evaluación del recurso eólico es más compleja y mucho más cara que en tierra, no existen infraestructuras

eléctricas que conecten, las áreas con mayores recursos eólicos en mitad del mar, con los centros de consumo. Por otro lado Los costes de la cimentación y de las redes eléctricas de estas instalaciones encarecen la tecnología offshore, y las máquinas requieren más separación entre ellas, lo que implica un aumento de la inversión. Esto se debe a que la baja rugosidad del mar hace que las turbulencias se propaguen más rápidamente y la estela de las máquinas influya en otras, disminuyendo así la vida útil.

10.1.3. Instalación de energía geotérmica

Finalmente se estudiará la última de las alternativas, el abastecimiento energético mediante una instalación de energía geotérmica. El proyecto se centrará en mayor medida en este tipo de energía con el fin de comprobar si resultaría una alternativa interesante. La razón es que en los casos anteriores se trata de energías más convencionales y más analizadas, estudiadas para ponerse en práctica en diversas instalaciones existentes, a pesar de los inconvenientes que presentan la inversión y la alternancia de la producción eléctrica. El proyecto se centra en un análisis un poco más profundo de este tipo dado que a priori puede presentar características interesantes que resuelvan estos problemas. Más adelante se comentará su viabilidad.

La ventaja principal que presenta esta energía reside en la independencia que posee con respecto a las condiciones meteorológicas, dado que el funcionamiento consiste básicamente en el aprovechamiento de la temperatura del subsuelo con el fin de calentar un fluido y aprovechar su energía. Se parte de una zona bajo tierra en la cual existen materiales a alta temperatura que transmiten su energía térmica a un fluido inyectado desde la superficie. La inyección se realiza mediante una perforación en el terreno a una profundidad de 2000 m. El fluido a continuación se recupera mediante una perforación secundaria obteniendo energía a partir de él mediante un intercambiador de calor, de manera que al enfriarse se dirige de nuevo hacia la primera perforación. El ciclo término con el que opera es el de Rankine, completándose con una turbina de alta presión, un condensador y una etapa de bombeo hacia el intercambiador cerrado. El ciclo térmico aparece detallado en la imagen inferior:



*Figura 32. Esquema del ciclo de generación energética mediante energía geotérmica:
Fuente: Guía de la Energía Geotérmica. La suma de Todos. Dirección General de
Industria y Energía. Consejería de Economía y Consumo de la Comunidad de Madrid.*

Se trata de una energía que requiere alta temperatura por lo que es una fuente de energía de alta entalpía, que puede producir vapor seco a temperaturas de operación superiores a los 300 – 350 °C, por lo tanto para poder aprovechar el recurso, se analizan los mapas de energía geotérmica.

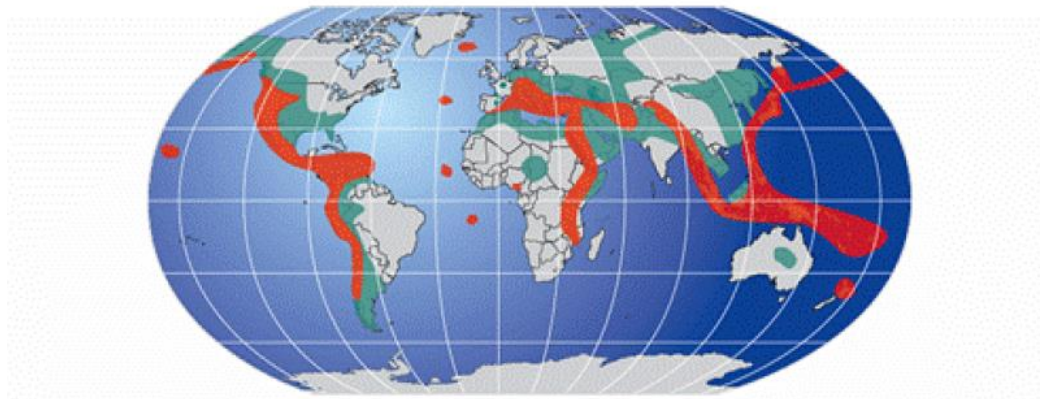


Figura 33. Distribución de las zonas propicias de aprovechamiento de energía geotérmica. Fuente: Guía de la Energía Geotérmica. La suma de Todos. Dirección General de Industria y Energía. Consejería de Economía y Consumo de la Comunidad de Madrid.

En la imagen figuran las zonas donde la utilización de esta energía resulta factible. En rojo las zonas más propicias, a continuación en verde las zonas adecuadas pero de baja temperatura y finalmente en gris las zonas de muy baja temperatura del subsuelo. Se aprecia cómo, a nivel mundial, las zonas de altas temperaturas más adecuadas son bastante escasas.

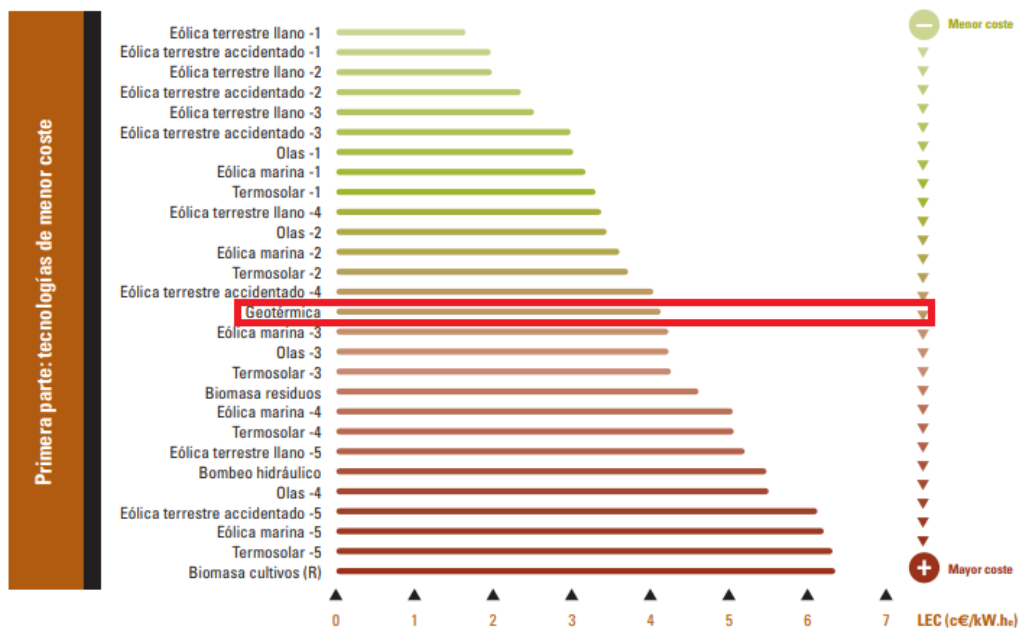


Figura 34 .Comparativa del coste normalizado de la electricidad para diversas fuentes de energía. Fuente: Informe de Greenpeace Madrid.

Asimismo, atendiendo a la imagen superior extraída de un informe de Greenpeace Madrid en el que evalúa un parámetro denominado coste normalizado de la electricidad (LEC), se aprecia que la energía geotérmica se encuentra en un nivel intermedio de la escala, de manera que no presenta un coste excesivamente bajo. Este indicador agrupa costes de inversión operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de dicha tecnología.

Por último conviene mencionar que la generación de energía eléctrica proviene del conjunto turbina-alternador del ciclo térmico expuesto anteriormente. Esto crea la necesidad de adquirir una turbina lo suficientemente potente que permita hacer frente a la generación requerida. Se necesitaría una turbina de como mínimo 6 MW de potencia, que no solo encarecerá el presupuesto sino que supone una complejidad de cara a las turbinas comerciales existentes. Además cabe añadir que se ha determinado mediante consulta de bibliografía los costes derivados de los estudios geotécnicos e hidrológicos complementarios que deberían realizarse en la localización final donde se ubique el proyecto, tienen un coste muy elevado debido a la complejidad que entraña el análisis del terreno. Por todas estas razones, a pesar de centrar el objeto de estudio sobre esta energía, se demuestra que finalmente no muestra la viabilidad esperada y por tanto se decide finalmente desestimar la utilización de este tipo de energía. Serían necesarios posteriores estudios para completar el análisis de la viabilidad de otras propuestas mediante otro tipo de energías alternativas cuya factibilidad no se descarta.

11. Presupuesto

El conjunto del proyecto supondrá un coste total de cincuenta y cuatro millones ciento treinta y nueve mil setenta y nueve coma diez euros. (22.047.752,89 €) tal y como aparece reflejado en el documento del PRESUPUESTO de este proyecto

12. Análisis económico y estudio de viabilidad

En este apartado se analizarán todos los costes necesarios para desarrollar las actividades relacionadas con el proyecto, además de tener en cuenta los aprovechamientos que se proponen e incluyendo los costes iniciales fruto de la construcción y los futuros costes debido a la explotación de la planta y reposición de la maquinaria necesaria. A continuación se desglosan estos costes según:

- El coste de los terrenos
- El coste de construcción de la planta
- Los costes de tramitación (afecciones licencias, expropiaciones, impuestos, autorizaciones y demás)

12.1 Inversión inicial

Terrenos

Dado las características del proyecto, cualquier sobrecoste relacionado con el acondicionamiento del terreno repercute en una penalización de la instalación. Por esta razón de cara al análisis se emplea un valor que sirva de referencia utilizando precios de España por la facilidad de obtención de datos.

Para ello se utilizará la página correspondiente al Ministerio de Fomento (<https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2/?nivel=2&orden=36000000>). Según los datos del mismo, el precio del suelo urbanizable más bajo de España es de 5€/m², y en la zona sur de 11€/m². Ambas cifras para núcleos poblacionales de menos de 1000 habitantes. Para núcleos de hasta 5000 habitantes sin embargo, el valor más bajo es de 12€/m², y en zona sur de 19 €/m². Para poblaciones cuyo número de habitantes esté comprendido entre 5000 y 10000, los valores más bajos son de 14 €/m², y 31 €/m² en la zona sur, y por último para núcleos de más de 50000 habitantes el valor más bajo es de 26€/m², y 68 €/m² en zona sur.

	Precio suelo €/m ²	
	Más bajo provincial	Más bajo del sur
Población de menos de 1.000 habitantes	5	11
Población entre 1.000 y 5.000 habitantes	12	19

Población entre 5.000 y 10.000 habitantes	14	31
Población más de 50.000 habitantes	26	68
VALOR MEDIO	14,25	32,25

Figura 35. Tabla de valores del precio del suelo. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel

Dado que la instalación de este proyecto debe ubicarse en la zona sur debido a su proximidad al mar pero no necesariamente en los propios núcleos poblacionales (ya que los costes del suelo encarecerían el proyecto), se opta por tomar como referencia el valor más bajo de la zona sur de 11€/m². Atendiendo a que los valores de referencia son valores promedios.

Con unas necesidades de aproximadamente 160.000 m² de suelo para construcción, multiplicando por el precio del metro cuadrado anterior se obtiene un coste de los terrenos edificables de 1.760.000€.

NECESIDAD	SUPERFICIE
Edificaciones	21.560
Viales	16.700
Deposito captación (100X100)	10.000
Deposito agua tratada (90x90)	8.100
Resto de Urbanización	103.640
TOTAL	160.000

Figura 36. Valores de superficie de cada actividad. Fuente: hoja de cálculo Excel.

12.2 Construcción de la planta

De acuerdo con el presupuesto de ejecución material que asciende a la cantidad de 15.312.004,38€ en el que se incluyen costes iniciales para la construcción de la planta desaladora.

12.3. Costes de tramitación

En este apartado se consideran por un lado los costes propios de la construcción y por otro los de la autorización quedando desglosados del siguiente modo:

CONCEPTO	IMPORTE
Gastos Generales del PEM (13%)	1.990.560,57
Beneficio Industrial del PEM (6%)	918.720,26
IVA del PEM (21%)	3.826.469,89
Impuestos Municipales (3,5% PEM)	535.920,15
Otros gastos de tramitación	550.000,00
TOTAL	7.821.670,87

Figura 37 Tabla de costes de tramitación. Fuente: hoja de cálculo de Excel

12.4 Resumen

Para un caudal diario de 64800 m³/día de agua potable y una inversión inicial de 24.893.675,24 €, el ratio de coste diario asciende a 384,16 €. m³/día. Supone un valor más alto que para las instalaciones convencionales consultadas en bibliografía, sin embargo conlleva la ventaja de eliminar costes energéticos de la compra de energía. Considerando una amortización lineal a 15 años, se divide el valor del coste total entre 15 para obtener el valor de la amortización. La inversión inicial es:

Concepto	Coste	Porcentaje	Amortización Anual
Terrenos	1.760.000,00 €	7,07%	117.333,33 €
Construcción de la planta			- €
Obra civil (24,42% PEM)	8.836.543,78 €	35,50%	589.102,92 €
Equipo (75,58% PEM)	6.475.460,59 €	26,01%	431.697,37 €
Tramitación	7.821.670,87 €	31,42%	521.444,72 €
	24.893.675,24 €	100 %	1.659.578,35 €

Figura 38 Amortizaciones anuales. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel

12.5 Costes fijos

En este apartado se trata de evaluar los costes que permanecen invariables a lo largo del tiempo y se engloban en:

- **Costes de personal:** se trata del gasto fijo más elevado dado que el tamaño de la instalación obliga a contar con un elevado número de trabajadores que garanticen el funcionamiento de la misma.

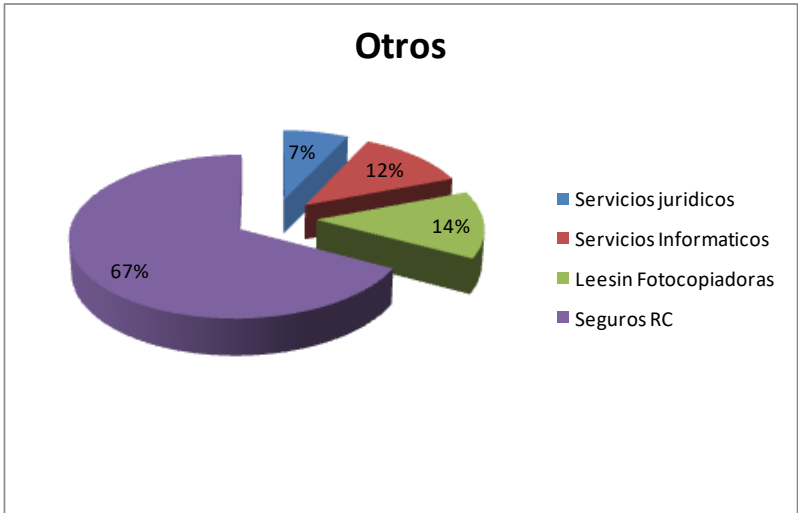
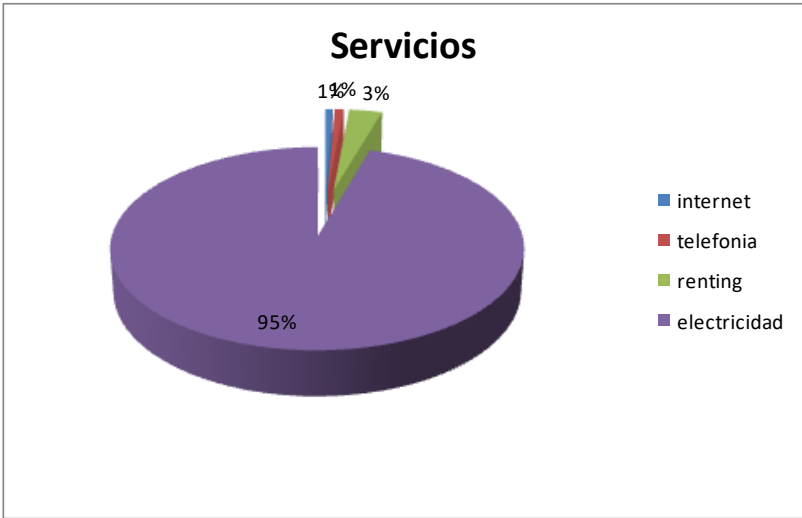
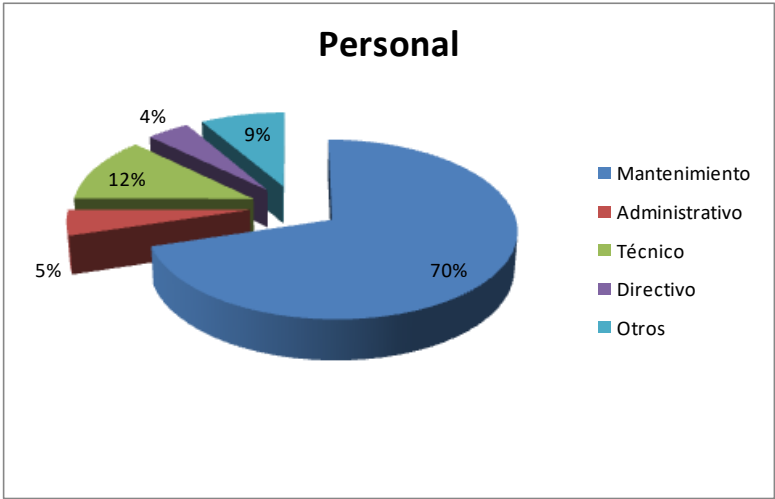
- **Servicios:** se incluyen gastos de internet, telefonía, renting de maquinaria, seguros.etc
- **Otros:** costes de servicios profesionales como abogados o asesores.

Como resumen, los costes fijos quedan reflejados en la siguiente tabla.

CONCEPTO	Nº	COSTE BRUTO	TOTAL
Personal			
Mantenimiento	45	28.000,00 €	1.260.000,00 €
Administrativo	5	17.000,00 €	85.000,00 €
Técnico	7	31.000,00 €	217.000,00 €
Directivo	2	39.000,00 €	78.000,00 €
Otros	8	19.000,00 €	152.000,00 €
Servicios			
internet	4	1.080,00 €	4.320,00 €
telefonía	13	420,00 €	5.460,00 €
renting	5	3.960,00 €	19.800,00 €
Termino de potencia 6.000 KW	1	59,173+36,4906+8,3677 €/KW y año para P1,P2 y P3	624.187,8 €
Otros			
Servicios jurídicos	1	2.640,00 €	2.640,00 €
Servicios Informáticos	1	4.500,00 €	4.500,00 €
Leesin Fotocopiadoras	2	2.520,00 €	5.040,00 €
Seguros RC	1	25.000,00 €	25.000,00 €
TOTAL			2.482.947,80 €

Figura 39 Tabla Desglose de costes fijos. Valores obtenidos mediante hoja de cálculo Excel.

Las composiciones de los costes fijos son las siguientes:



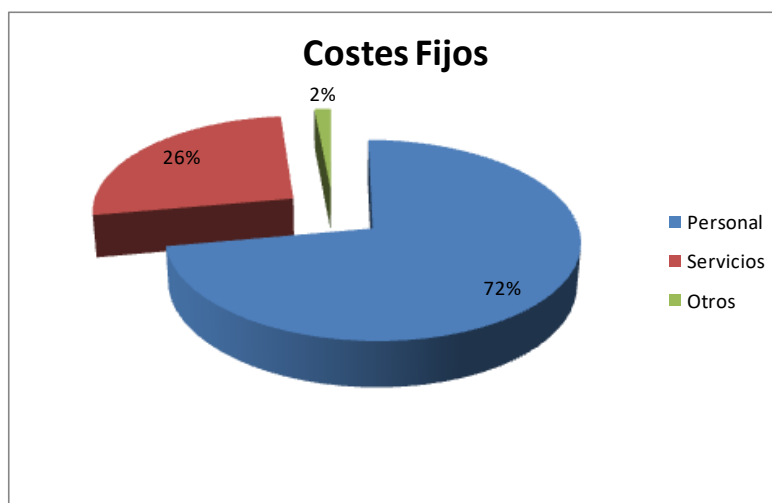


Figura 40 Diagramas de sectores mostrando el porcentaje que cada coste tiene sobre los costes fijos totales. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel

2.6 Costes variables

Ahora se evalúan los costes que dependen directamente del volumen de producción, de modo que en este proyecto aumentarán a medida que se aumente la producción del caudal de agua tratada. Se producen teniendo en cuenta el tiempo que la planta está en funcionamiento. Se resumen del siguiente modo:

- **Costes de productos químicos:** dentro de este apartado, quedan reflejados los gastos derivados de los reactivos químicos empleados en el proceso productivo incluyendo el pretratamiento y la remineralización del agua.

Producto	Coste unitario (€/l)	Consumo anual (l/año)	Coste total
NaCl	0,51	517.000	263.670,00 €
NaClO	0,334	740.000	247.160,00 €
Na ₂ S ₂ O ₅	0,73	180.100	131.473,00 €
Arena Antracita	5,87	115.000	675.050,00 €
H ₂ SO ₄	0,28	175.000	49.000,00 €
FeCl ₃	0,17	410.000	69.700,00 €
TOTAL			1.436.053,00 €

Figura 41 Tabla de precios de los productos. Fuente cálculo mediante hoja de cálculo Excel



Figura 42. Porcentaje del coste de cada producto sobre el total. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel

- **Costes de reposición de membranas:** debido a los fenómenos de desgaste descritos en la memoria, provocados por la incrustación o ensuciamiento de las membranas, se produce una disminución de su rendimiento que obliga a reemplazarlas. Fijando una tasa anual del 14% de membranas al año para garantizar su correcto funcionamiento, se obtiene el siguiente coste que depende de la producción de agua tratada.

Nº de Membranas	Reposición		Coste	
	%	Unidades	Unitarios	Anual
1750	14	245	985,00 €	241.325,00 €

Figura 43. Coste de reposición de membranas. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel

- **Costes de mantenimiento y conservación:** aquí se incluyen los recambios de filtros así como los gastos asociados a la planta de generación eléctrica debido

a mantenimiento. Se opta por considerar un porcentaje de los elementos más susceptibles de sufrir una avería.

CONCEPTO	VALOR PEM	INCIDENCIA	ESTIMACIÓN COSTE
Planta Desalinizadora			
Equipos complementario	408.728,60 €	12%	49.047,43 €
Instalaciones naves	2.146.681,87 €	6,00%	128.800,91 €
PLC/sistemas de control	25.564,00 €	6,00%	1.533,84 €
Instrumentos	260.522,77 €	8,50%	22.144,44 €
Aire comprimido	65.139,00 €	9,00%	5.862,51 €
TOTAL			207.389,13 €

Figura 44. Costes de mantenimiento. Fuente: tabla realizada mediante hoja de cálculo Excel.

- **Costes de electricidad:** el coste energético que para la potencia de la planta desaladora (6MW) suponen 4.204.800,00 €/anuales (6.000 kW*24 horas*365 días *0,08 €/kWh)

Costes de mantenimiento y conservación	207.389,13 €
Membranas	241.325,00 €
Productos químicos	1.436.053,00 €
Costes de electricidad	4.204.800,00 €
Total	6.089.567,13 €

Figura 45 Total de costes variables. Fuente: hoja de cálculo de Excel

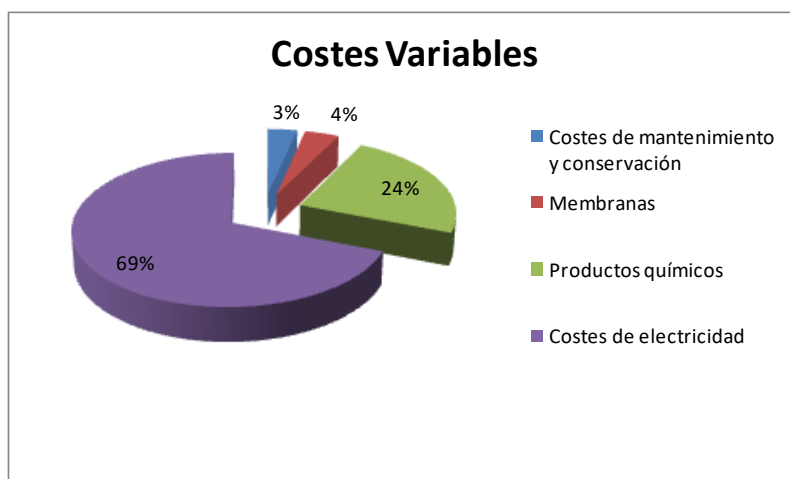


Figura 46 Diagrama de sectores donde se refleja el porcentaje de cada coste sobre el total. Fuente: hoja de cálculo de Excel.

A continuación, realizando la suma de los costes analizados (inversión, fijos y variables) se obtienen los costes totales anuales del proyecto:

CONCEPTO	COSTE ANUAL
Costes Fijos	2.482.947,80 €
Costes Variables	6.089.567,13 €
Amortización Anual	1.659.578,35 €
TOTAL	9.607.905,48 €

Figura 47 Total de costes anuales. Fuente: hoja de cálculo de Excel.

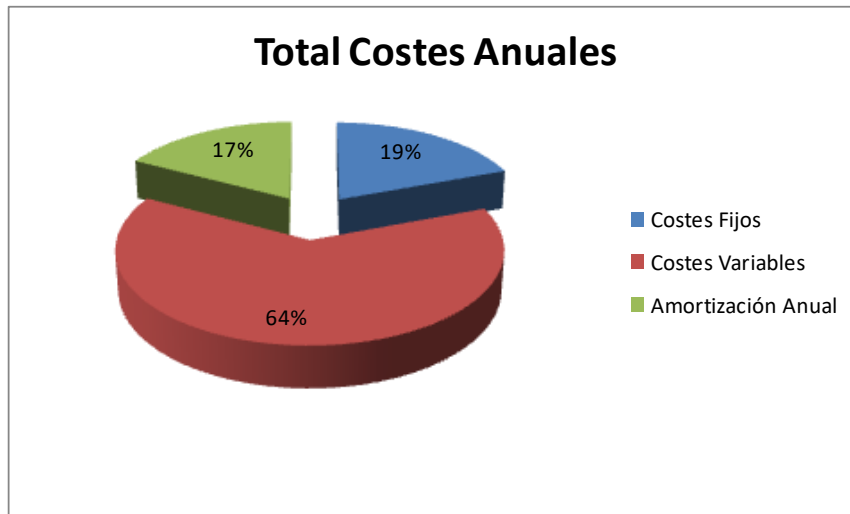


Figura 48 Diagrama de sectores mostrando el porcentaje de cada coste sobre el total de costes anuales. Fuente: obtención mediante hoja de cálculo Excel.

Como se aprecia en la anterior gráfico, los costes variables suponen la mayor parte de los gastos de explotación (un 64%), este hecho se debe a los costes energéticos.

12.7. Coste del m^3 de agua

Para una producción de $2.700 \text{ m}^3/\text{h}$ y dividiendo a los costes anuales se comprueba la rentabilidad de esta instalación, dando un valor del metro cubico de $0,40\text{€}$ y que es un valor inferior a los $0,51\text{-}0,55 \text{ €/m}^3$ de las instalaciones de osmosis convencionales.

$$2.700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365 \text{ días} = 23,652 \frac{\text{Hm}^3}{\text{año}}$$

$$9.607.905,48 \frac{\text{€}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{23,652 \text{ Hm}^3} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot \frac{\text{Hm}^3}{\text{m}^3} = 0,40622 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

12.8 Rentabilidad de la inversión

Posteriormente se lleva a cabo el cálculo de la rentabilidad de la inversión. Para ello se evalúan costes totales, coste de producción del agua y las retribuciones por su venta. Se determinan los ingresos por agua.

Caudal Anual	23,652 Hm ³
	23.652.000 m ³
Precio Venta m3	0,50 €/m ³
Ingresos venta Agua	11.826.000,00 €

Figura49 Ingresos obtenidos por la venta del agua. Fuente: hoja de cálculo de Excel

Los ingresos generados por la actividad ascienden a 11.826.000,00 €/año y para estos ingresos con una amortización lineal de 15 años y descontando impuesto el retorno de inversión se produce en el año 5. Todos los valores se representan a continuación:

12.9 Conclusión

La instalación del proyecto presenta una rentabilidad del 19,53%. Teniendo en cuenta la carga impositiva, los costes del terreno, de personal... etc. Se aprecia que el período de retorno de la inversión es de 5 años y el VAN es positivo.

Comparando la inversión con otras inversiones más estables como los bonos a 10 años, se concluye que la rentabilidad económica es muy superior, ya que en la última subasta de bonos del estado (de mayo de 2018), el tipo de interés fue de 1,54 %. (<http://www.tesoro.es/deuda-publica/subastas/resultado-ultimas-subastas/obligaciones-del-estado>). Sin embargo las inversiones de esta índole pueden superar el 20% de rentabilidad.

13. Documentos del proyecto

El proyecto está estructurado según los siguientes apartados. Una memoria explicativa donde se recoge el desarrollo de los contenidos del proyecto, la solución propuesta de cara al cumplimiento de los objetivos que se plantean inicialmente. Aquí aparece descrito el proceso de desalación junto con la maquinaria necesaria para alcanzar las especificaciones requeridas y las instalaciones necesarias. A continuación se dispondrán una serie de anexos donde se detallan en mayor profundidad los cálculos tenidos en cuenta de cara al dimensionado de las instalaciones. Seguidamente figura un documento con los planos del proyecto donde aparece la distribución de las instalaciones de la planta. A continuación el pliego de condiciones para el proyecto

acompañado de un Estudio de Seguridad y Salud. Por último un documento que detalla el desglose del presupuesto de la construcción de la misma.

14. CONCLUSIÓN

A raíz de lo expuesto anteriormente se concluye que se ha llevado a cabo un estudio completo de la situación actual permitiendo discutir y determinar la necesidad de la puesta en marcha de un proyecto de estas características.

Se han ofrecido distintas alternativas de cara al planteamiento de una solución adecuada al problema establecido por el panorama actual en cuanto a la escasez de agua, las sequías y el requerimiento de nuevas fuentes de agua potable para el suministro de la población y la obtención de agua apta para el consumo humano.

Se ha resuelto la solución más adecuada que permita obtener los resultados esperados cumpliendo con los objetivos del proyecto atendiendo al alcance del mismo. Se ha detallado dicha solución mediante la definición de las instalaciones, equipos y maquinaria necesarios.

Del mismo modo se han planteado las distintas posibilidades de abastecimiento energético mediante energías renovables, de forma que se obtiene que en cada localización sería necesario hacer un estudio individual acerca de qué energía resultaría más óptima para implantar en cada caso atendiendo a las ventajas e inconvenientes expuestas previamente. Se ha desestimado la utilización de la energía geotérmica y energía eólica propuestas debido a su inviabilidad.

Finalmente se han desarrollado los distintos documentos requeridos: memoria, anexos, planos, pliego, estudio de seguridad y salud y presupuesto, para completar la definición del proyecto de manera que se aporte la información suficiente para la comprensión y la correcta puesta en marcha del mismo.

15. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Catálogo de bombas de la Empresa POME ZANNI.
<https://www.pomezanni.it/es/bombas-horizontales/>
- [2] Sebastián Ignacio Villagrán Morales. Documento de “Factibilidad de Desalinización de agua de mar para pequeñas comunidades del norte de Chile.”
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145387/Factibilidad-de-%20desalinizaci%C3%B3n-de-agua-de-mar-para-peque%C3%B1as-comunidades-del-norte-de-%20Chile.pdf?sequence=1>

- [3] Francisco Urrutia. "Evolución Global de la capacidad instalada de plantas desaladoras" <http://www.ciccp.es/revistait/textos/pdf/09FUrru.pdf>
- [4] Konstantinos Zotalis , Emmanuel G. Dialynas , Nikolaos Mamassis y Andreas N. Angelakis. " Desalination Technologies: Hellenic Experience"
- [5] Juan Carlos García. Artículo: " La situación actual de la desalinización". <https://blogdelagua.com/actualidad/articulo-la-situacion-actual-de-la-desalinizacion/>
- [6] Raúl Martínez Estrada. Sitio para las materias. "Rugosidades y ecuación de Colebrook". <https://raulsmtz.wordpress.com/2011/04/06/rugosidades-y-ecuacion-de-colebrook/>
- [7] Página web Es el agua. Raúl Herrero. Artículo: "Sequías en la España peninsular y medidas de prevención para atenuar sus efectos". <http://eselagua.com/2014/09/17/sequias-en-la-espana-peninsular-y-medidas-de-prevencion-para-atenuar-sus-efectos/>
- [8] Página de Lenntech Water Treatment. <https://www.lenntech.es/procesos/mar/general/desalacion-puntos-clave.htm>
- [9] Culligan blog Water. Escasez de agua dulce: causas y consecuencias. <http://www.culligan.es/blog/escasez-de-agua-dulce-causas-consecuencias/>
- [10] Jose Luis Pérez Talavera. Documento de Fundamentos, Diseño y Mantenimiento. Bastidores de Membranas. (www.desalación.org)
- [11] Iagua. Artículo "Los 33 países con más probabilidad de tener escasez de agua en 2040. <https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/20-paises-mas-probabilidades-tener-escasez-agua-2040>
- [12] Página web de Aguas Residuales: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/fundamentos-de-la-osmosis-inversa>
- [13] Antonio Valero, Javier Uche, Luis Sierra. CIRCE. Documento: "La desalación como alternativa al PHN". Enero de 2001
- [14] Desalinizadora de Valdelentisco. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente. <http://www.valdelentisco.es/zonas/torredetoma.asp>
- [15] Agua Sistec. Solución en Tratamiento de Agua. Documento: "Planta desaladora o planta de tratamiento de agua de mar. <http://www.aguasistec.com/planta-desaladora.php>
- [16] Agencia europea de Medioambiente. Artículo "Sequía y consumo excesivo de agua en Europa" <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/sequia-y-consumo-excesivo-de-agua-en-europa>

- [17] Guía de la Energía Geotérmica. La suma de Todos. Dirección General de Industria y Energía. Consejería de Economía y Consumo de la Comunidad de Madrid.
- [18] Purescience. Todos fluyen tecnología.
<http://spanish.seawaterroplant.com/supplier-93926-waste-water-treatment-plant>
- [19] Catálogo bombas empresa Sulzer. <https://www.sulzer.com/es-es/spain/products/pumps>
- [20] The Wind Power Energy.
https://www.thewindpower.net/turbine_es_439_goldwind_gw70-1500.php
- [21] Página de Talleres Transglass. (<http://www.transglass.net/servicios2/trabajos-realizados/110-hipoclorito-etap>)
- [22] Blog sobre tecnología de ósmosis inversa.
<https://www.osmosisinversafiltroagua.com/>
- [23] Catálogo de membranas TORAY Sea and Water Elements.
(<https://www.lenntech.com/Data-sheets/Toray-TMH20A-440-Brackish-Water-RO-Element-L.pdf>)
- [24] Catálogo de productos de la marca Energy Recovery Inc(<http://www.energyrecovery.com/>)
- [25] catálogo de tuberías HDPE :
http://www.cidelsa.com/media/prod_brochure_2/Tuberia_Lisa_de_HDPE.pdf
- [26] norma ITC BT 07.(http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_07.pdf)
- [27] página del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de A Coruña. <https://www.coaatac.org/>
- [28] Ministerio de Fomento.
<https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2/?nivel=2&orden=36000000>).
- [29] generador de precios del CYPE

ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

1. ANEXO I DIMENSIONADO HIDRÁULICO	79
2. ANEXO II DIMENSIONADO ELÉCTRICO	100

ANEXO I

DIMENSIONADO

HIDRÁULICO

ÍNDICE DE ANEXO I

1. INTRODUCCIÓN	83
2. ANÁLISIS DE LAS ECUACIONES QUE SE UTILIZARÁN	83
2.1.Ecuaciones de flujo volumétrico	83
2.2.Pérdidas de carga	84
3. CÁLCULO DE LA TORRE DE CAPTACIÓN	87
4. TRAMO INICIAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR	87
5. DISEÑO DE LA PISCINA DE CAPTACIÓN	91
6. CONDUCTOS DESDE LA PISCINA DE CAPTACIÓN A LA PRIMERA ETAPA DE TRATAMIENTO	91
7. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL TANQUE DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO	93
8. CONDUCTOS ENTRE EL DEPÓSITO DE FLOTACIÓN DAF Y LA ETAPA DE FILTRADO DE DOBLE MEDIO	94
9. CONDUCTOS ENTRE LOS FILTROS DE CARTUCHOS Y LA PRIMERA ETAPA DE MEMBRANA DE ÓSMOSIS	95
10. ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	96
11. CONDUCCIÓN DE CAUDAL EMISARIO DE SALMUERA	97
12. TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS HDPE PARA DISTINTOS DIÁMETROS	98

1. Introducción

En este anexo se procederá al cálculo y la descripción de las características de las bombas y conductos empleados en la red de transporte del caudal que conforma las conexiones entre distintas etapas del sistema hidráulico de la planta desaladora. Para llevarlos a cabo, se tendrá en cuenta el caudal que se trasiega en cada uno de los tramos como dato de partida y posteriormente se analizará la selección de la tubería que mejor se adapte con el objetivo de que sea posible trasegar la totalidad del caudal así como de reducir y minimizar los costes.

Para ello se definirán los distintos tramos existentes. Se procederá a los cálculos de las dimensiones de las tuberías, las potencias de las bombas y por último del material de las mismas.

Para tener una referencia, se necesita obtener un caudal de agua tratada de salida de $2700 \text{ m}^3/\text{h}$ para abastecer al núcleo poblacional contemplado. Trabajando con un rendimiento de la instalación del 45% según bibliografía consultada, para cumplir ese objetivo se necesita captar un caudal total de:

$$Q_c = \frac{Q_p}{r} = \frac{2700 \text{ m}^3/\text{h}}{0,45} = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo:

Q_c = Caudal de captación

Q_p = Caudal de producción

r = rendimiento de la instalación

Por lo tanto se necesita captar un caudal total de $6000 \text{ m}^3/\text{h}$.

2. Análisis de las ecuaciones que se utilizarán

2.1 Ecuación de flujo volumétrico

En primer lugar se hará uso de la ecuación de flujo volumétrico. También denominado tasa de flujo de fluidos, consiste en el caudal de fluido que atraviesa una superficie concreta en un tiempo determinado.

Partiendo de un área A, a través de la cual fluye un fluido a una velocidad v formando un ángulo θ con respecto a la dirección perpendicular a la superficie A, se obtiene la expresión del caudal volumétrico como:

$$Q = A * v * \cos \theta$$

Siendo

Q= caudal de agua bombeado (m^2/s)

A= área de la sección transversal constante del conducto (m^2)

v = velocidad del fluido en este caso agua (m/s)

θ =ángulo que forma la dirección del fluido con la dirección perpendicular a la superficie A

A continuación, se asume que el sistema se encuentra en el caso de que la dirección del caudal sea perpendicular al área A, obteniendo un valor de 0 para el ángulo θ . Por lo tanto la ecuación se reescribe como:

$$Q = A * v$$

2.2 Pérdidas de carga

Se entiende por pérdidas de carga como la pérdida de presión que experimenta en un fluido al atravesar por un conducto debido a la fricción que se produce entre las partículas del fluido entre sí, además de entre el fluido y las paredes del conducto.

Dichas pérdidas, pueden ser de dos tipos distintos. Existen las pérdidas primarias y las pérdidas secundarias. Las primarias o continuas son debidas al rozamiento producido entre capas de fluidos con otras estado en régimen laminar, o bien al producido ente las propias partículas del fluido estando por tanto en régimen turbulento. Su aparición se da sobre todo cuando el flujo es uniforme en tramos de las tuberías que presenten una trayectoria recta.

Sin embargo, las pérdidas secundarias no se ocasionan en los tramos rectos de tuberías sino que tienen lugar en tramos donde existan estrechamientos, reducciones o aumentos del diámetro del conducto o elementos como codos y válvulas presentes en el sistema. Para cuantificarlas se utilizará el concepto de longitud equivalente, aumentándola en un cierto porcentaje (10 o 15 %) dependiendo de la naturaleza del tramo para tenerlas en cuenta. En caso de que se trate de las conducciones de captación y de retirada de la salmuera se considerará un 5% debido a los pocos elementos complementarios. En las conducciones con mayor presencia de estos

elementos como las de los procesos de etapas internas se usará un 15 % y 10% para el resto.

La consecuencia directa de la existencia de pérdidas es la disminución de la presión entre dos puntos conectados por una tubería situados a la misma cota. La magnitud de este fenómeno depende de varios factores, interviniendo aspectos como el hecho de que se trate de una tubería rugosa o lisa, o el tipo de régimen hidráulico que exista en ella. Por tanto, las pérdidas totales se calcularán teniendo en cuenta tanto las debidas a la circulación como a las debidas a los elementos mencionados anteriormente. La magnitud con la que se cuantifica este fenómeno es la presión referida a la altura de columna de agua (metros de columna de agua).

Finalmente, se utilizará la fórmula Darcy-Weisbach por un lado, y posteriormente la ecuación modificada de Colebrook-White para llevar a cabo los cálculos. Las fórmulas están extraídas del Manual de Instrucciones Técnicas para Obras Hidráulicas En Galicia. (https://augasdegalicia.xunta.gal/c/document_library/get_file?folderId=216484&name=DLFE-17837.pdf) Ambas aparecen a continuación:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2}$$

Donde:

- hf: pérdidas de carga
- f: factor de pérdida de carga
- g: gravedad
- D: diámetro del conducto
- L: longitud de la tubería
- V: velocidad de la tubería
- ε/D : rugosidad relativa
- G y T parámetros de ajuste
- Re: número adimensional de Reynolds

Numero de Reynolds		G	T
4.000	100.000	4,555	0,8764
100.000	3.000.000	6,732	0,9104

3.000.000	100.000.000	8,982	0,93
-----------	-------------	-------	------

Figura 1. Coeficientes G y T de la fórmula de Colebrook. Fuente: <https://raulsmtz.wordpress.com/2011/04/06/rugosidades-y-ecuacion-de-colebrook/>

Expresión del número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v_s \cdot \emptyset}{\mu} = \frac{\rho \cdot \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \emptyset^2} \right) \cdot \emptyset}{\mu} = \frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi \cdot \emptyset}$$

Donde:

Re= número de Reynolds

Q=caudal volumétrico (m³/s)

μ: viscosidad dinámica

ρ: densidad del fluido

$v = \frac{\mu}{\rho}$: viscosidad cinemática (con valor de 1,2 · 10⁻⁶ m²/s para el agua de mar)

∅: diámetro del conducto (m)

El procedimiento es como sigue. Partiendo de los caudales y los valores prefijados para las velocidades del fluido en el área de conducción procedentes de valores extraídos de bibliografía centrada en este tema, se extraerá el número de conducciones necesarias y el caudal que se trasegará por cada una. A continuación se calculará el número de Reynolds. Posteriormente en función de este número se obtendrán los valores de G y de T de la tabla 1, y acto seguido el valor de la longitud equivalente. El valor del parámetro de la rugosidad absoluta (ε) es únicamente función del material del que estén hechas las tuberías. A continuación se detallará qué tipo de material están construidas.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Figura 2. Rugosidades absolutas para distintos materiales. Fuente: <https://es.scribd.com/doc/190924392/Rugosidad-Absoluta-de-Materiales>

3. Cálculo de la torre de captación.

Para proceder al cálculo de la torre de captación se partirá del caudal inmisario como dato. La torre ha de proporcionar un caudal de $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1,67 \text{ m}^3/\text{s}$). Se define también el número de ventanas de las que constará la torre; siendo 4 ventanas en total. Para ello se necesitará que cada una de ellas aporte un caudal total de $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$. Utilizando la ecuación de flujo volumétrico con una velocidad límite de $0,2 \text{ m/s}$ se obtiene:

$$A = \frac{Q}{V} \rightarrow \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = \frac{0,42}{0,2} \rightarrow \emptyset = 1,635.$$

De donde se obtiene que la torre contará con un total de 5 ventanas de un diámetro de $1,7 \text{ m}$ con el fin de poder garantizar la obtención de todo el caudal necesario

4. Tramo inicial de captación de agua de mar.

El sistema de la planta se inicia con la captación de agua procedente del mar mediante un grupo de bombeo. El caudal que se necesita captar es de $6000 \text{ m}^3/\text{h}$, es decir $1,666 \text{ m}^3/\text{s}$. Se fija la velocidad del agua en un valor de 1 m/s , atendiendo a la prevención de aparición de turbulencias que podrían provocar una introducción indeseada de materia en suspensión como la arena. Aplicando la ecuación del flujo volumétrico se obtiene el área mínima requerida.

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{1,66 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}} = 1,66 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = 1,66 \text{ m}^2 \rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,66 \text{ m}^2}{\pi}} = 1,456 \text{ m}$$

Para escoger correctamente el tipo de tubería se lleva a cabo un estudio de los costes de los distintos tipos de tuberías existentes según su material. Para ello se hace uso de un software generador de precios y se realiza la comparación del coste del metro lineal de conducción para un diámetro orientativo.

Precios Tuberías de 32 mm	
Acero galvanizado sin soldadura	10,07 €
Cobre	12,83 €
Policloruro de vinilo clorado (PVC-C)	10,37 €
Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U)	1,87 €
Polietileno reticulado (PE-X)	6,05 €
Polibutileno (PB)	5,12 €
Polipropileno copolímero random (PP-R)	2,59 €
Polietileno (PE)	1,18 €
Polietileno alta densidad PE-100	1,21 €
PVC	0,74 €
Acero	2,53 €
Equivalente Hormigón	0,19 €

Figura 3. Tabla Comparativa de precios del metro lineal de conducción para distintos materiales extraídas de un software generador de precios. Fuente: Datos obtenidos del generador de precios del CYPE.

Sin embargo no todos los materiales resultan adecuados; ejemplo de ello es el hormigón que resulta un material que promueve la aparición de incrustaciones y acumulación de materia procedente del agua de mar y por tanto no resulta útil para dicho propósito. Por lo tanto con el fin de garantizar la eficiencia de las tuberías y evitar problemas se recurrirá a tuberías de material plástico, las cuales proporcionan una buena resistencia al impacto y resistencia química además de reducir el fenómeno de las incrustaciones que supondrían un aumento de las pérdidas de presión en el

conducto. Se plantea en primer lugar utilizar tuberías de polietileno (PE) a un precio de 1,18 € el metro lineal. Sin embargo, con el fin de asegurar un mejor funcionamiento y una vida útil mayor de las conducciones se recurrirá al polietileno de alta densidad en su lugar (EAD) dado que su coste es de 1,21 € muy ligeramente superior al del polietileno pero considerablemente inferior al del resto de materiales en cualquier caso.

Para ello se empleará por tanto una tubería lisa de HDPE sujeta a la norma NTP ISO 4427:2008 PE-100 con diámetro nominal de 1600 mm. Debido a que el diámetro del modelo anterior con 1400 mm no resulta suficiente y se realiza la elección del modelo inmediatamente superior.

Con este dato se calculará el número de Reynolds, para un diámetro de 1600 mm.

$$Re = \frac{4 * Q}{v * \pi * \varnothing} = \frac{4 * 1,66 \text{ m}^3/\text{s}}{(1,2 * 10^{-6} \text{ m/s}) * \pi * (1,6 \text{ m})} = 1.105.242,66$$

Una vez obtenido este valor del número de Reynolds, se utiliza la tabla 1 para determinar los parámetros G y T de la ecuación modificada de Colebrook-White obteniendo en este caso G= 6,732 y T=0,9104

Numero de Reynolds		G	T
4.000	100.000	4,555	0,8764
100.000	3.000.000	6,732	0,9104
3.000.000	100.000.000	8,982	0,93

Figura 4. Tabla de parámetros G y T de la ecuación modificada de Colebrook-White. Fuente: <https://raulsmtz.wordpress.com/2011/04/06/rugosidades-y-ecuacion-de-colebrook/>

Con estos valores se obtiene el valor del factor de fricción, o factor de pérdida de carga (f) calculado de esta manera:

$$f = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{G}{Re^T}\right)\right)^2} = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{0,0015/1600}{3,71} + \frac{6,732}{1.105.242,66^{0,9104}}\right)\right)^2} = 0,0114$$

Para una longitud de la tubería de captación de 1500 metros incrementada en un 5 % se obtiene una longitud equivalente de 1,575 m. Con el valor de la constante de aceleración de la gravedad de $9,81 \text{ m/s}^2$ se obtienen las pérdidas en la conducción mediante la ecuación de Darcy:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,0114 \frac{1,575}{1,6} \frac{\left(\frac{1,66}{\pi \cdot \left(\frac{1,6}{2}\right)^2}\right)^2}{2g} = 0,3954 \text{ m}$$

A continuación se ha de especificar el valor de la energía requerida que deberá aportarse al caudal de agua para conseguir su desplazamiento hasta una altura determinada. Para ello se empleará la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \int_{P_1}^{P_2} v dp + \sum F = W$$

Dividiendo la ecuación por g y el volumen específico igual al inverso de la densidad, se obtiene la ecuación en unidades de energía por unidad de peso, teniendo una equivalencia dimensional a la altura en metros.

$$\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + \sum h_f = h_w$$

Teniendo en cuenta de que se trata de un fluido incompresible con velocidades similares y con el valor de las pérdidas obtenido previamente se obtiene la energía que deberá aportar la bomba en este caso:

$$h_w = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + h_f$$

Para el primer tramo la diferencia de altura entre el nivel del mar y el extremo de la tubería donde se encuentra la piscina de captación es de 15 m. Además la presión

requerida al final del tramo en la piscina de captación se fija en 2 bares o 20 mca. La presión hidrostática en el extremo de la tubería sumergida 20 m de profundidad es de 20 mca. Asimismo han de considerarse las pérdidas producidas por los elementos complementarios de manera individual. Se trata de la reja de desbaste colocada en el extremo del conducto con el fin de impedir la entrada de materia gruesa de considerable tamaño. Para hacer referencia a las pérdidas de carga producidas por esta reja de gruesos se considera un valor de 1 mca que se añadirá en la ecuación, sumado al valor obtenido previamente para las pérdidas de carga. Por la potencia requerida por la bomba es:

$$h_w = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + h_f = (20 - (-15)) + 20 - 20 + h_f + 1 = 36,395 \text{ m}$$

Para determinar la potencia de la bomba se multiplica por el caudal, la densidad, la gravedad y la altura.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_w = \frac{1050 \cdot 9,81 \cdot 1,666 \cdot 36,395}{1000} = 624,81 \text{ kW}$$

Aunque esta es la potencia de la bomba o la potencia en el eje. Para obtener la potencia eléctrica se requiere dividir por el rendimiento de la bomba que se supondrá de un valor igual a 0,88. De esta manera, dividiendo el valor de la potencia obtenida por el rendimiento eléctrico de la bomba, se obtiene una potencia igual a 710,2 kW

5. Diseño de la piscina de captación

A la piscina de captación llega un caudal total de 6000 m³/h. Para determinar el volumen necesario requerido para almacenar dicho caudal se utiliza la ecuación del tiempo de retención hidráulico. Para ello, los datos de entrada son el caudal y el tiempo máximo de permanencia del agua captada en la piscina de captación. Acudiendo a datos empíricos extraídos de bibliografía de desalación se asume que el tiempo máximo será de 3 horas.

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Siendo

TRH : tiempo de retención hidráulico. Tiempo que el caudal de agua debe permanecer en el interior de la piscina antes de ser retirado mediante bombeo.

V: volumen de la piscina de captación

Q: caudal de agua de entrada en la piscina de captación.

A partir de dicha fórmula se obtiene un volumen de

$$V = TRH * Q = 3h * 6000 \frac{m^3}{h} = 18000 m^3$$

Teniendo en cuenta que el diámetro de la tubería de captación es de 1,6 m se decide dimensionar la piscina partiendo del volumen utilizando una profundidad de 5 m. EL área superficial de la misma será de 40m x 90m.

6. Conductos desde la piscina de captación a la primera etapa de pretratamiento

En este punto se calcularán las tuberías correspondientes al tramo relativo a la etapa de pretratamiento.

En este caso el caudal trasegado entre la piscina de captación y el tanque de flotación por aire disuelto es de $4800 m^3/h$ ($1,33 m^3/s$). Se procede análogamente a como se ha descrito previamente atendiendo a que ahora los requerimientos de velocidad son distintos fijándose ésta en 2 m/s ya que no existen los problemas de antes.

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{1,33 m^3/s}{2 m/s} = 0,66 m^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 0,66 m^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,66 m^2}{\pi}} = 0,921 m$$

En este caso la conducción se desdobra en cuatro tuberías de 500 mm de diámetro del tipo tubería lisa HDPE NORMA NTP ISO 4472:2008 con un área de $0,196 m^2$ cada una y un área total de $0,785 m^2$

Cada una de ellas trasiega u caudal equivalente a la cuarta parte del total ($0,33 m^3/s$). Dado que el modelo anterior con 460 mm de diámetro no es suficiente y se escoge el modelo de diámetro inmediatamente superior. Se calcula el Reynolds con la diferencia de que el caudal es la cuarta parte:

$$Re = \frac{4 * Q}{v * \pi * \phi} = \frac{4 * \frac{1,33 m^3/s}{4}}{(1,2 * 10^{-6} m/s) * \pi * (0,71 m)} = 707305,3$$

Con este valor obtenido se emplea de nuevo la tabla 1 para obtener los parámetros $G=6,732$ y $T = 0,9104$

Numero de Reynolds		G	T
4.000	100.000	4,555	0,8764
100.000	3.000.000	6,732	0,9104
3.000.000	100.000.000	8,982	0,93

Figura 5. Tabla de parámetros G y T de la ecuación modificada de Colebrook-White. Fuente: <https://raulsmtz.wordpress.com/2011/04/06/rugosidades-y-ecuacion-de-colebrook/>

Con todos los valores se calcula el factor de pérdida de carga f .

$$f = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{G}{Re^T}\right)\right)^2} = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{0,0015/710}{3,71} + \frac{6,732}{996.275,07^{0,9104}}\right)\right)^2} = 0,0117$$

Para una longitud de tubería de 240 metros incrementada un 10% (264 m), y un valor de la constante de aceleración de la gravedad de $9,81 \text{ m/s}^2$ se obtienen las pérdidas de la conducción:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,0117 \frac{264}{0,71} \frac{\left(\frac{1,333}{4}\right)^2}{\pi \cdot \left(\frac{0,5}{2}\right)^2} = 0,96330 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación simplificada de Bernoulli con las mismas simplificaciones, sin diferencia de alturas y con una diferencia de presiones de 8 bar (80 mca) y las pérdidas anteriores se obtiene la altura de la bomba:

$$h_w = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + h_f = 80 + 0,96330 = 80,96330 \text{ m}$$

Se calcula la potencia de cada bomba.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_w = \frac{1050 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,333}{4} \cdot 80,9633}{1000} = 277,98 \text{ kW}$$

Por lo tanto, si tenemos en cuenta un rendimiento de la bomba de 0,88, la potencia requerida será igual al cociente entre la potencia que se acaba de obtener y el valor del rendimiento, necesitándose cuatro bombas de 315,88 kW. Una para cada tubería de conducción.

7. Cálculo de las dimensiones del tanque de flotación por aire disuelto

Para obtener las dimensiones del tanque se recurre a la ecuación del tiempo de retención del caudal en el mismo. Atendiendo a los requerimientos de un tiempo de retención máximo de 20 minutos extraído de la bibliografía dedicada a estas cuestiones y partiendo del caudal como dato, se obtiene

$$TDR = \frac{V}{Q} ; V = TDR * Q = \frac{20 \text{ min}}{60} \times 4800 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1600 \text{m}^3$$

Para ello se requerirá un tanque circular de 1600 m³. Con una profundidad estimada de 4 m, el tanque dispondrá de un área circular de 400 m² y por tanto un radio de 12 m.

8. Conductos entre el depósito de flotación DAF y la etapa de filtrado de doble medio

En este caso el caudal trasegado es de 1700 m³/s) y se sigue el mismo proceso con una velocidad ahora fijada en 2,5 m/s .

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,472 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5 \text{ m/s}} = 0,1888 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 0,1888 \text{ m}^2 \rightarrow \emptyset = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1888 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,49 \text{ m}$$

En este tramo se emplearán tres tuberías de 315 mm de tipo lista HDPE NTP ISO 4427:2008 PE-100 con un área de 0,077 m² cada una y un total de 0,233 m² . Se calcula el número de Reynolds dividiendo el caudal en tres partes, dado que cada una trasiega un tercio del caudal

$$Re = \frac{4 * Q}{v * \pi * \emptyset} = \frac{4 * \frac{0,472 \text{ m}^3/\text{s}}{3}}{(1,2 * 10^{-6} \text{ m/s}) * \pi * (0,315 \text{ m})} = 530.204,59$$

Con este valor del número de Reynolds se emplea la tabla para determinar los parámetros G y T de la ecuación modificada de Colebrook-White que en este caso también coincide con 6,732 para G y 0,9104 para T.

Con todos los valores se calcula el factor de pérdida de carga f.

$$f = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{G}{Re^T}\right)\right)^2} = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{0,0015/315}{3,71} + \frac{6,732}{530.204,59^{0,9104}}\right)\right)^2} = 0,0131$$

Para una longitud de la tubería de 300 metros incrementada esta vez en un 15 % (330 m) ya que en esta etapa las conducciones tienen recorridos con codos y derivaciones, se obtienen las siguientes pérdidas:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,0131 \frac{330}{0,315} \frac{\left(\frac{\frac{0,472}{3}}{\pi \cdot \left(\frac{0,315}{2}\right)^2}\right)^2}{2g} = 2,8515\text{m}$$

Aplicando la ecuación simplificada de Bernoulli con las mismas simplificaciones, sin diferencia de alturas y con una diferencia de presiones requerida de 5 bar (50 mca) y las pérdidas anteriores se obtiene la altura de la bomba:

$$h_w = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + h_f = 50 + 2,8515 = 52,8515 \text{ m}$$

Se calcula la potencia de cada bomba.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_w = \frac{1050 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,472}{3} \cdot 52,8515}{1000} = 85,6922 \text{ kW}$$

Dividiendo de nuevo por el valor del rendimiento se obtiene una potencia necesaria para cada bomba, siendo ésta de 97,37 kW. En total tres bombas que proporcionan 292 kW de potencia.

9. Conductos entre los filtros de cartuchos y la primera etapa de membranas de ósmosis.

Esta etapa resulta clave dado que para favorecer una correcta desalación se requiere vencer la presión osmótica del fluido tal y como se explica en el apartado correspondiente de la memoria. En este caso se trasiega un caudal de 1700 m³/h.

(0,472 m³/s) y se sigue el mismo proceso fijando la velocidad en 2 m/s dado que en este tramo las velocidades han de reducirse debido a las altas presiones de trabajo.

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,472 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0,2361 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 0,2361 \text{ m}^2 \rightarrow \emptyset = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2361 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,548 \text{ m}$$

En este caso se emplean cinco tuberías de 250 mm de diámetro del tipo lisa HDPE NORMA NTP ISO 4427:2008 PE-100 con un área de 0,049 m². Con este dato se calcula el Reynolds para la tubería:

$$Re = \frac{4 * Q}{v * \pi * \emptyset} = \frac{4 * 0,472 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1}{5}}{(1,2 * 10^{-6} \text{ m/s}) * \pi * (0,56 \text{ m})} = 400834,87$$

Con este valor del número de Reynolds se emplea la tabla 1 para determinar los parámetros G y T de la ecuación modificada de Colebrook-White que en este caso también coincide con 6,732 para G y 0,9104 para T.

Con todos los valores se calcula el factor de pérdida de carga f.

$$f = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2} = \frac{0,25}{\left(\log \left(\frac{0,0015/250}{3,71} + \frac{6,732}{894.720,25^{0,9104}} \right) \right)^2} = 0,01377$$

Para una longitud de la tubería de 200 m incrementada en un 15 % (230 m), dado que en esta etapa existen codos y derivaciones, las pérdidas se corresponden con:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} = 0,01192 \frac{230}{0,25} \frac{\left(\frac{0,0944}{\pi \cdot \left(\frac{0,25}{2} \right)^2} \right)^2}{2g} = 2,3914 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación simplificada de Bernouilli con las mismas simplificaciones, si diferencia de alturas y con una diferencia de presión en este caso de 55 bar (550 mca) y las pérdidas, se obtiene la altura de la bomba:

$$h_w = (z_2 - z_1) + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} + h_f = 550 + 2,3914 = 552,3914 \text{ m}$$

Se calcula la potencia de la bomba.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_w = \frac{1050 \cdot 9,81 \cdot 0,472 \cdot 552,39}{1000} = 537,38 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta el factor de 0,88 se obtiene una potencia necesaria para la bomba de 610,6 kW

10. Almacenamiento de agua tratada

El caudal de agua que llega al depósito es de $2700 \text{ m}^3/\text{h}$. Asumiendo de nuevo un tiempo de retención máximo del caudal de agua de 3 h para que no se deteriore, se obtiene un volumen necesario de :

$$V = Q * T = 2700 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 3 \text{ h} = 8100 \text{ m}^3$$

Para facilitar la posterior distribución del agua, se dividirán las necesidades volumétricas en dos depósitos de 4050 m^3 cada uno. De esta forma, para una altura de depósito de planta circular de 5 m, se requiere un diámetro de

$$\varnothing = \sqrt{\frac{\frac{4050 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} * 4}{\pi}} = 32 \text{ m}$$

Por lo tanto se necesitarán dos depósitos de radio 16 m, y 5 m de profundidad.

11. Conducción de caudal emisario de salmuera

En este tramo son $3500 \text{ m}^3/\text{h}$ ($0,972 \text{ m}^3/\text{s}$). Fijando una velocidad de 0,5 m/s se obtiene mediante la ecuación de flujo volumétrico:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,972 \text{ m}^3/\text{s}}{0,5 \text{ m/s}} = 1,944 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = 1,944 \text{ m}^2 \rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,944 \text{ m}^2}{\pi}} = 1,57 \text{ m}$$

Se utilizará una única conducción de 1600 mm de diámetro. La longitud de la tubería será de 1700 m para poder alcanzar el nivel del mar y poder devolver la salmuera al interior del mismo.

12. Tabla de características de las tuberías HDPE para distintos diámetros

		Relación estándar de dimensiones (SDR)															
		SDR 33 (S16)		SDR 26 (S12.5)		SDR 21 (S10)		SDR 17 (S8)		SDR 13.6 (S6.3)		SDR 11 (S5)		SDR 9 (S4)		SDR 7.4 (S3.2)	
		Presión Nominal															
PE-80 equiv.		4.0 bar		5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar	
PE-100 equiv.		5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar		25.0 bar	
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.12	2.3	0.13	3.0	0.16
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.146	2.3	0.17	3.0	0.21	3.5	0.24
32	1	-	-	-	-	-	-	2.0	0.2	2.4	0.23	3.0	0.26	3.6	0.33	4.4	0.39
40	1-1/4	-	-	-	-	2.0	0.245	2.4	0.29	3.0	0.36	3.7	0.43	4.5	0.51	5.5	0.61
50	1-1/2	-	-	2.0	0.31	2.4	0.367	3.0	0.50	3.7	0.55	4.6	0.67	5.6	0.79	6.9	0.94
63	2.00	-	-	2.5	0.49	3.0	0.570	3.8	0.72	4.7	0.88	5.8	1.06	8.1	1.27	8.6	1.48
75	2-1/2	-	-	2.9	0.67	3.6	0.819	4.5	1.02	5.6	1.24	6.8	1.46	8.4	1.78	10.3	2.12
90	3	-	-	3.5	0.97	4.3	1.170	5.4	1.47	6.7	1.78	8.2	2.14	10.1	2.57	12.3	3.03
110	4	-	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1	2.64	10.0	3.18	12.3	3.82	15.1	4.54
160	6	-	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8	5.56	14.6	6.74	17.9	8.05	21.9	9.56
200	8	-	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12	14.7	8.65	18.2	10.50	22.4	12.60	27.4	14.94
250	10	-	-	9.6	7.37	11.9	9.02	14.8	11.06	18.4	13.54	22.7	16.35	27.9	19.60	34.2	23.32
280	11	-	-	10.7	9.19	13.4	11.38	16.6	13.90	20.6	16.96	25.4	20.50	31.3	24.64	38.3	29.24
315	12	9.7	9.34	12.1	11.70	15.0	14.30	18.7	17.60	23.2	21.50	28.6	25.95	35.2	31.16	43.1	37.01
355	14	10.9	11.81	13.6	14.79	16.9	18.16	21.1	22.40	26.1	27.25	32.2	32.94	39.7	39.58	48.5	46.93
400	16	12.3	15.01	15.3	18.75	19.1	23.16	23.7	28.31	29.4	34.56	36.3	41.82	44.7	50.21	54.7	59.60
450	18	13.8	18.94	17.2	23.71	21.5	29.28	26.7	35.87	33.1	43.78	40.9	52.96	50.3	63.57	61.5	74.55
500	20	15.3	23.68	19.1	29.25	23.9	36.13	29.7	44.32	36.8	54.02	45.4	65.34	55.8	78.44	-	-
560	22	17.2	29.80	21.4	36.67	26.7	45.22	33.2	55.52	41.2	67.77	50.8	81.86	62.5	98.38	-	-
630	24	19.3	37.60	24.1	46.46	30.0	57.12	37.4	70.32	46.3	85.66	57.2	103.97	70.3	124.46	-	-
710	28	21.8	47.83	27.2	59.14	33.8	72.89	42.1	89.32	52.2	108.93	64.5	131.91	79.3	158.21	-	-
800	32	24.5	60.55	30.6	74.94	38.1	92.30	47.4	113.29	58.8	138.24	72.6	167.29	89.3	200.73	-	-
900	36	27.6	76.70	34.4	94.75	42.9	116.88	53.3	143.29	66.2	175.06	81.7	211.75	-	-	-	-
1000	40	30.6	94.46	38.2	116.90	47.7	144.36	59.3	177.09	72.5	213.25	90.2	259.91	-	-	-	-
1200	48	36.7	135.88	45.9	168.45	57.2	207.67	67.9	244.03	88.2	310.90	-	-	-	-	-	-
1400	54	42.9	185.15	53.5	229.03	66.7	282.49	82.4	344.68	102.9	423.24	-	-	-	-	-	-
1600	64	49.0	241.63	61.2	299.43	76.2	368.91	94.1	449.89	117.6	552.83	-	-	-	-	-	-
1800	72	54.5	302.56	69.1	380.25	85.7	466.60	105.9	569.33	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	80	60.6	373.72	76.9	469.88	95.2	576.01	117.6	702.55	-	-	-	-	-	-	-	-

1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible en Bar, a 20° C.
2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM/ANSI B 36.10.
3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y espesor de la tubería.

Figura 6. Tabla de tuberías lisas HDPE según la norma NTP ISO 4437:2008 PE-80 y PE-100. Fuente: catálogo de tuberías HDPE :

http://www.cidelsa.com/media/prod_brochure_2/Tuberia_Lisa_de_HDPE.pdf

ANEXO II DIMENSIONADO ELÉCTRICO

ÍNDICE DE ANEXO II

1. INTRODUCCIÓN	103
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	103
2.1. Fórmulas de cálculo	103
3. CÁLCULOS DESALINIZADORA	105
3.1. Demanda de potencias CBBT	105
3.2. Cálculo de la Línea: Sub Estación- CBBT	105
3.3. Cálculo de la Línea: CBBT-Cuadro secundario de bombeo 1 (C SB1)	106
3.4. Cálculo de la Línea: CBBT-Cuadro secundario de bombeo 2 (C SB2)	107
3.5. Cálculo de la Línea: CBBT-Cuadro secundario de bombeo 3 (C SB3)	108
3.6. Cálculo de la Línea: CBBT-Cuadro secundario de bombeo 4 (C SB4)	108
4. CÁLCULO DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES	109
5. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA	110

1.INTRODUCCIÓN

La alimentación eléctrica se realiza mediante una línea eléctrica que parte desde el centro de transformación perteneciente a la empresa eléctrica que abastece la zona que deriva en un cuadro primario de baja tensión a partir del cual surgen otras cuatro líneas que derivan en sus correspondientes cuadros secundarios de baja tensión.

Cabe mencionar que el suministro es realizado en sistema trifásico. Las tensiones y especificaciones de cada línea se calculan a continuación, calculando la intensidad que pasa por cada línea a partir de la potencia que ha de suministrar. Se aplicarán dos criterios para obtener la solución adecuada.

2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. Fórmulas de Cálculo

Se emplearán las siguientes:

- Sistema Trifásico

$$I = P_c / \sqrt{3} \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

- Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ. Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = Nº de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A)

3. Cálculos desalinizadora

3.1. Demanda de potencias CGBT

- Potencia total instalada: 6000 KW

3.2. Cálculo de la Línea: Sub Estación - CGBT

- Tensión de servicio: 600 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 25 m; $\cos \varphi$: 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0.1;



- Potencia aparente: 6666,66 kVA. (6000/0.9)

- Índice carga c: 0.9.

$$I = Pc / \sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times R = 6000 \times 1000 / (1,732 \times 600 \times 0,8) = 7217,1 \text{ A.}$$

Criterio térmico.

Se eligen terna de conductores tripolares de cobre y aislante XLPE de $14 \times (3 \times 400 + 200TT) \text{ mm}^2$ y de intensidad máxima según tabla 4 de ITC BT 07 de 520 A. (520x14 A)

SECCIÓN NOMINAL mm^2	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Tipo de aislamiento

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Figura 1. Tabla 4 de la norma ITC BT 07.(

http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_07.pdf)

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-Al(AS)

Criterio de caída de tensión:

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]=25+ [(90-20) (7217,1 /520x14)^2]$$

Temperatura cable (°C): 113,45

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha (T-20)]= 0,029 [1+ 0,00403(113,45-20)]=0,0371$$

$$K = 1/\rho = 1/0,0371 = 26,938$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi)$$

$$e=(25x6.000.000/26.938x600x14x400)+(25x6.000.000x0.1x0.6/1000x600x14x0.8)=$$

$$e= 2,99 = 0,5 \%$$

3.3 CÁLCULO DE LA LÍNEA : CGBT - Cuadro Secundario Bombeo 1 (CSB1)

- Tensión de servicio: 600 V.
- Canalización: Bandeja metálicas perforada Rejiband
- Longitud: 300m; Cos φ : 0.8; X_u (m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 710 KW.

Criterio térmico

$$I=710000/1,732x600=841,96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4 x (4x95+TTx47)mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-Al(AS)

Intensidad admisible a 40°C 4 x 240 = 960 A. según tabla 12 ITC-BT-07

Caída de tensión:

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]=25+ [(70-20) (210/660)^2]$$

Temperatura cable (°C): 30,06

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi)$$

$$e(\text{parcial})=25 \times 710.000 / 29,45 \times 600 \times 4 \times 95 = 2,64$$

$$V = 0,44 \%$$

$$e(\text{total}) = 0,15 + 0,5 = 0,65\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.4 CÁLCULO DE LA LÍNEA : CGBT - Cuadro Secundario Bombeo 2 (CSB2)

- Tensión de servicio: 600 V.
- Canalización: Bandeja metálicas perforada Rejiband
- Longitud: 300m; Cos φ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 1236,6 KW.

Criterio térmico

$$I = 1236600 / 1,732 \times 600 = 1189,9 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4 x (4x150+TTx75)mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-Al(AS)

Intensidad admisible a 40°C 4 x 310 = 1240 A. según tabla 12 ITC-BT-07

Caída de tensión:

$$T = T_0 + [(T_{\text{max}} - T_0) (I / I_{\text{max}})^2] = 25 + [(70 - 20) (210 / 660)^2]$$

Temperatura cable (°C): 30,06

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen} \varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos} \varphi)$$

$$e(\text{parcial}) = 25 \times 1236600 / 29,45 \times 600 \times 4 \times 150 = 2,91$$

$$V = 0,48 \%$$

$$e(\text{total}) = 0,15 + 0,48 = 0,63\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.5 CÁLCULO DE LA LÍNEA: CGBT - Cuadro Secundario Bombeo 3 (CSB3)

- Tensión de servicio: 600 V.
- Canalización: Bandeja metálicas perforada Rejiband
- Longitud: 300m; Cos φ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;
- Potencia a instalar: 292,13 KW.

Criterio térmico

$$I=292130/1,732 \times 600=281,1 \text{ A}$$

Se eligen conductores Tetrapolares (4x150+TTx75)mm²Cu. Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-Al(AS)

Intensidad admisible a 90°C 310A. según tabla 12 ITC-BT-07

Caída de tensión:

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]=25+ [(70-20) (281,1/660)^2]$$

Temperatura cable (°C): 34,06

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen} \varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos} \varphi)$$

$$e(\text{parcial})=25 \times 292130 / 29,45 \times 600 \times 4 \times 150=2,75$$

$$V=0,46 \%$$

$$e(\text{total})=0,15+0,46=0,61\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6 CÁLCULO DE LA LÍNEA : CGBT - Cuadro Secundario Bombeo 4 (CSB4)

- Tensión de servicio: 600 V.
- Canalización: Bandeja metálicas perforada Rejiband
- Longitud: 300m; Cos φ : 0.8; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 3053 KW.

Criterio térmico

$$I=3053000/1,732 \times 600=2937,04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 10 x (4x150+TTx75)mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-AI(AS)

Intensidad admisible a 40°C de 10x310 = 3100 A. según tabla 12 ITC-BT-07

Caída de tensión:

$$T = T_0 + [(T_{\max}-T_0) (I/I_{\max})^2]=25+ [(70-20) (293,7/660)^2]$$

Temperatura cable (°C): 37

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}\varphi)$$

$$e(\text{parcial})=25 \times 3053.000 / 29,45 \times 600 \times 10 \times 150=2,83$$

$$V=0,48 \%$$

$$e(\text{total})=0,15+0,48=0,63\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

4. CÁLCULO DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES

En el cálculo de la potencia reactiva a compensar, para que la instalación en estudio presente el factor de potencia deseado, se parte de los siguientes datos:

Suministro: Trifásico.

Tensión Compuesta: 600 V.

Potencia activa: 6000.000 W.

CosØ actual: 0.8.

CosØ a conseguir: 0.98.

Conexión de condensadores: en Triángulo.

Los resultados obtenidos son:

Potencia Reactiva a compensar (kVAR): 3281,64

Gama de Regulación: (1:2:4)

Potencia de Escalón (kVAR): 480

Capacidad Condensadores (μ F): 3360

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

Gama de regulación; 1:2:4 (tres salidas).

1. Primera salida.
2. Segunda salida.
3. Primera y segunda salida.
4. Tercera salida.
5. Tercera y primera salida.
6. Tercera y segunda salida.
7. Tercera, primera y segunda salida.

Obteniéndose así los siete escalones de igual potencia.

Se recomienda utilizar escalones múltiples de 40 kVAR

5. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.

- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo 35 mm².

M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

Picas verticales de Cobre 14 mm de Acero recubierto Cu 14 mm

1 picas de 2m. de Acero galvanizado 25 mm

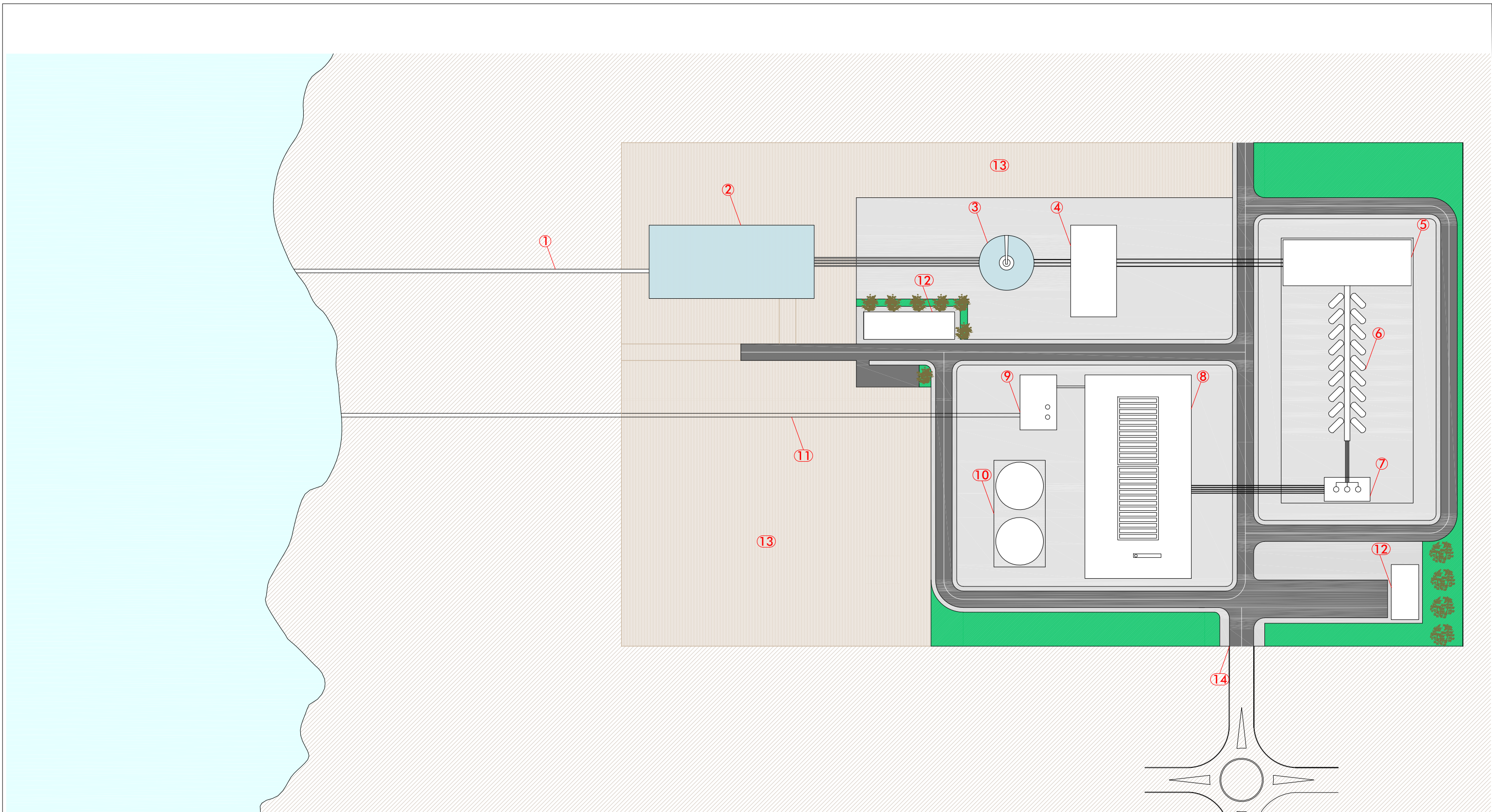
Con lo que se debe obtener una Resistencia de tierra inferior a 18 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

A.1 PLANTA	E: 1/2000
A.2 DIAGRAMA DE FLUJO	E: 1/1500

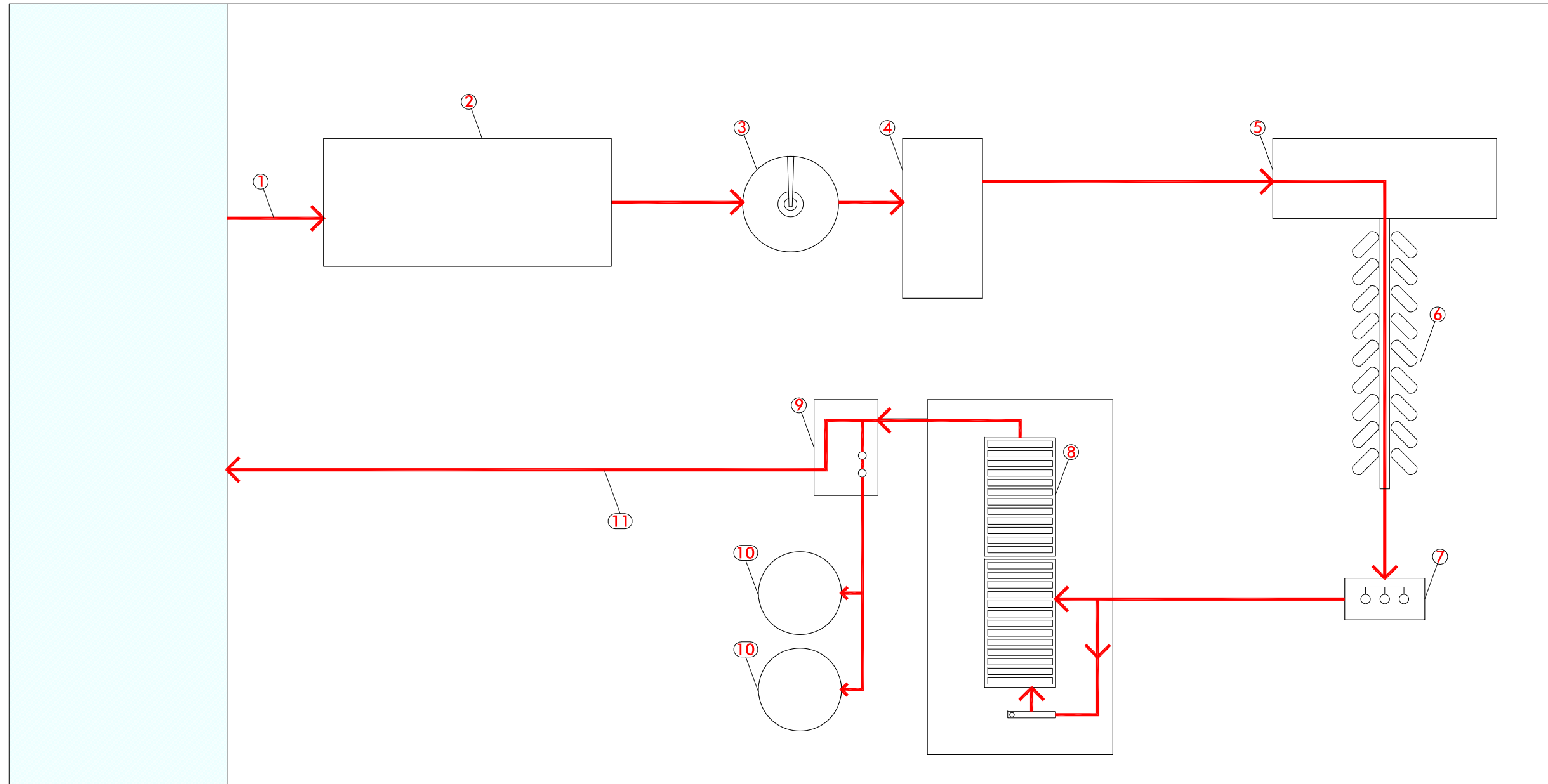


ELEMENTOS DE LA PLANTA

1	TUBERÍA DE CAPTACIÓN	8	NAVE DE BASTIDORES DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA
2	PISCINA DE CAPTACIÓN	9	DEPÓSITOS DE POST-TRATAMIENTO DE AGUA
3	TANQUE DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO	10	DEPÓSITOS DE AGUA TRATADA
4	NAVE DE BOMBEADO	11	TUBERÍA DE DESAGÜE DE SALMUERA
5	NAVE DE FILTRADO	12	CENTRO DE CONTROL/INSTALACIONES PERSONAL
6	FILTROS DE ARENA Y ANTRACITA	13	TERRENOS POSIBLES AMPLIACIONES
7	DEPÓSITOS DE DOSIFICACIÓN	14	ACCESO

PROYECTO DE UNA PLANTA DESALADORA DE AGUA SOSTENIBLE

Departamento responsable	Creador por	Unidad dimensional	Escala	Método representación
MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN	IVÁN GARCÍA VÁZQUEZ	mm	1/2000	
Propietario legal_	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Tipo de documento	Formato	Estado de documento
		Dibujo de diseño	A3	Editado
		Título suplementario	Número de documento	A1
		PLANTA	Fecha	Idioma
			OCT. 2018	es
				Hoja
				1/2



ELEMENTOS DE LA PLANTA			
1	TUBERÍA DE CAPTACIÓN	7	DEPÓSITOS DE DOSIFICACIÓN
2	PISCINA DE CAPTACIÓN	8	NAVE DE BASTIDORES DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA
3	TANQUE DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO	9	DEPÓSITOS DE POST-TRATAMIENTO DE AGUA
4	NAVE DE BOMBEADO	10	DEPÓSITOS DE AGUA TRATADA
5	NAVE DE FILTRADO	11	TUBERÍA DE DESAGÜE DE SALMUERA
6	FILTROS DE ARENA Y ANTRACITA		

**P R O Y E C T O D E U N A P L A N T A
D E S A L A D O R A D E A G U A S O S T E N I B L E**

Departamento responsable MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN	Creador por IVÁN GARCÍA VÁZQUEZ	Unidad dimensional mm	Escala 1/1500	Método representación
Propietario legal_ 	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Tipo de documento Dibujo de diseño	Formato A3	Estado de documento Editado
		Título suplementario DIAGRAMA DE FLUJO	Número de documento A2	Fecha OCT. 2018
			Idioma es	Hoja 2/2

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1. CONDICIONES GENERALES	118
2. DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE AGENTES QUE INTERVIENEN	119
3. OBLIGACIONES Y DERECHOS QUE TIENE EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR	121
3.1. Verificación de los documentos incluidos en el proyecto	121
3.2. Plan de seguridad y salud	121
4. PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LOS TRABAJOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES	123
5. DOCUMENTACIÓN FINAL	125
6. LIBRO DE ÓRDENES	125
7. LIBRO DE INCIDENCIAS	126
8. SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA E INSTALACIONES	126
9. CONDICIONES ECONÓMICAS	126

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	127
2. CIMENTACIONES	128
3. ELEMENTOS PREFABRICADOS	128
4. MATERIALES PARA HORMIGONES Y MORTEROS	128

PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1. CONDICIONES GENERALES

OBJETO

El presente documento constituye un conjunto de cláusulas y condiciones que regirán el desarrollo de las obras a realizar, los materiales a emplear y los medios auxiliares contemplados en el presente proyecto, basado en el “Proyecto de una planta desaladora”.

Dicho documento del proyecto aúna las exigencias tanto de índole técnica como legal, a las que se debe ceñir durante el desarrollo y la ejecución del proyecto.

DOCUMENTOS

Todo contrato ha de contar con una serie de documentos para la realización de las obras, estos son: condiciones que se establecen en el propio documento del contrato de la empresa; pliego de condiciones incluyendo las cláusulas administrativas y las Condiciones Técnicas Particulares.

Los demás documentos que forman el proyecto: la memoria descriptiva, anexos, presupuestos y planos.

EMPLAZAMIENTO

La instalación de la nueva planta, se realizará en un recinto a nivel del mar, adyacente a la costa que la energía requerida para la extracción del agua resulte la mínima. Se añadirá un terreno reservado para posibles ampliaciones de la misma.

DEFINICIÓN Y ALCANCE DE LAS OBRAS

Las instalaciones requeridas se muestran en la documentación gráfica, además se incluirán todos los elementos que forman parte del conjunto tanto de obra civil, como de instalaciones.... es decir, el conjunto de elementos para llevar a cabo el proyecto de forma correcta.

CONDICIONES FACULTATIVAS

Los costes de la ejecución son establecidos en el proyecto, por lo que, cualquier modificación trascendental, que el contratista considere que no se engloba en el contrato debe ser indicada por este junto con un presupuesto que enuncie lo contrario, el cual tiene que ser aprobado por la D.F., y promotor antes de iniciar la ejecución del mismo.

2. DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE AGENTES QUE INTERVIENEN

Proyectista.

Obligación:

- Título académico y profesional que lo habilite para los trabajos, arquitecto, o arquitecto técnico, dependiendo del trabajo, cumpliendo las obligaciones que se exigen.
- Elaborar el proyecto siguiendo las pautas y exigencias de la normativa en vigor, conforme a lo recogido en contrato y entregarlo.
- Asistir a las obras, tantas veces como sea preciso, con el fin de resolver las contingencias que puedan producirse en la misma y dar instrucciones necesarias para realizar lo proyectado de forma correcta.

Director de obra.

Obligación:

- Título académico y profesional que lo habilite para los trabajos, arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico según la normativa vigente, cumpliendo las obligaciones que se exigen. Si se tratase de una persona jurídica, esta debe designar al técnico director de obra en posesión de la titulación que lo habilite para los trabajos.
- Verificar aspectos tales como: replanteo y ejecución idónea de la cimentación proyectada, al terreno y sus características geotécnicas.
- Dirección de obra coordinándola según proyecto de ejecución, aparte de estar presente en ella a fin de resolver las dudas o problemas que se den.
- Estudiar los posibles contratiempos o incidencias que imposibiliten el normal cumplimiento del Contrato, proponiéndolo y tramitando posibles soluciones.
- Elaborar posibles modificaciones exigidas por el desarrollo de la obra, todo ello cumpliendo con la normativa vigente.

- Incorporar instrucciones en libro de órdenes o asistencias si fuese necesario.
- Sugerencias sobre actuaciones a realizar para obtener los permisos y autorizaciones de las administraciones competentes, necesarias para la ejecución del proyecto.
- Firma de acta de comienzo de obra y expedir certificado final de obra.
- Debe verificar el haber recibido los materiales para la obra, con las órdenes de ejecución de ensayos y precisas pruebas.

Constructor

Obligaciones y derechos:

- Poseer la titulación o capacitación profesional que acredita que puede actuar como tal.
- Ejecutar las obras basándose en la aplicación de la legislación y siguiendo lo ordenado por el director de obra, cumpliendo así con las exigencias del proyecto.
- Indicar quien ocupará el cargo de jefe de obra encargado de asumir la representación técnica del constructor en la obra.
- Atribuir los medios materiales y humanos correspondientes para llevar a cabo el proyecto.
- Organización de los trabajos, con la redacción del plan de obra (todos aquellos que sean necesarios), y autorizar o proyectar en la obra medios auxiliares e instalaciones provisionales.
- Elaboración del Plan de Seguridad y Salud que requiera la obra indicando las medidas preventivas y velar por el cumplimiento de las mismas.
- La firma del acta de recepción o comienzo de obra y acta de replanteo.
- Dirección y orden de la ejecución material de la obra de acuerdo a proyecto aprobado, reglas de la buena construcción y normas técnicas. Respecto a este tema, posee la jefatura del personal interviniente en la obra y deberá coordinar los trabajos de los subcontratistas.
- Custodiará tanto libro de órdenes y seguimiento de obra así como los libros de seguridad y salud, control de calidad y dar el enterado a aquellas nuevas anotaciones.
- Con la figura del promotor deberá de suscribir las actas de recepción provisionales y el acta definitiva además de dar al director de obra los datos que precise para realizar los distintos documentos de la ejecución de obra.

3. OBLIGACIONES Y DERECHOS QUE TIENE CONTRATISTA Y CONSTRUCTOR

3.1 Verificación de los documentos incluidos en el proyecto

En el momento que el constructor notifique por escrito que la documentación es suficiente para la ejecución de la obra, determina el inicio de la obra, sino solicitará la documentación escrita para llevarla a cabo.

3.2. Plan de Seguridad y Salud

Con la documentación del proyecto de ejecución de la obra y si es necesario el Estudio de Seguridad y Salud, el constructor elaborará y presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra al arquitecto técnico o aparejador nombrado como dirección facultativa para la aprobación del mismo.

La dirección designará al personal encargado, en caso de accidente, de llevar a cabo las medidas necesarias, garantizando unos primeros auxilios y que sea evacuado el accidentado. Además, toda obra debe contener un botiquín de primeros auxilios, al acceso de todos los trabajadores y con el material correcto.

En caso de accidente, se actuará acorde a lo establecido hasta que llegue la asistencia médica, sin mover al herido no ser que sea imprescindible. Comprobando los signos vitales y cubriéndolo, manteniendo la temperatura del herido. Bajo ningún concepto se dará agua u otras bebidas, así como medicamentos al accidentado.

El director de obra dará aviso del accidente por escrito a la autoridad laboral según el procedimiento en regla.

Proyecto de control de calidad.-

En caso de considerarse necesario el constructor debe poseer el proyecto de control de calidad, donde se especifiquen las características que deben tener las unidades de obra, los materiales y cómo poder adquirirlos, tales como, ensayos, análisis a cumplir, que están o no avalados por sellos, calidades o marcas... todo ello definido por arquitecto o aparejador.

Oficina de obra.-

En toda obra se habilitará una oficina para albergar un lugar como un tablero o mesado donde consultar planos. Además, en esta el contratista dispondrá de:

- Documento formado por proyecto básico y de ejecución íntegros, así como modificados realizados por el arquitecto.

- Licencia de las obras.
- Libro de órdenes y asistencias
- Plan de Seguridad y Salud y libro de incidencias.
- Proyecto de control de calidad y libro de registro del mismo.
- Reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- Documentación de los seguros del constructor.

Representación del contratista.-

Está el constructor en obligación de informar del operario designado como su delegado en obra, siendo éste el jefe de obra, con dedicación plena y autoridad para representarle y tomar decisiones que atañen a la empresa contratada.

Si la obra lo requiere, esta figura deberá poseer un grado superior o medio. Indicando en el P.C. particulares personal obligado a mantenerse en la obra, así como el tiempo que sean necesarios sus servicios como tal.

El Proyectista tendrá autoridad suficiente para para la obra, por cualificación insuficiente por parte del personal según las tareas que desempeñen.

Obligación presencial Constructor en obra.-

El jefe de la obra debe personarse en las jornadas legales de trabajo, él mismo o a través de encargados o técnicos, para acompañar a director de obra o proyectista cuando visiten la obra, estando a disposición cuando le requieran y aportándoles la documentación que soliciten.

Interpretaciones y modificaciones del proyecto

Tanto el proyectista como el director deben facilitar al Contratista toda aclaración que este último precise para llevar a cabo de forma correcta la ejecución de lo proyectado. Se deberá comunicar por escrito aquellas interpretaciones, aclaraciones, indicaciones o modificaciones de planos, órdenes e instrucciones.

Reclamación en contra de una orden de la dirección

El contratista solo podrá presentar reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa ante los propietarios, a través del Proyectista, siempre que éstas sean de carácter económico.

Faltas del personal

El Proyectista tiene potestad para requerir al contratista de la usencia en las obras de aquellos operarios que considere que desobedecen sus instrucciones o que manifiestan incompetencia repercutiendo negativamente en las marcha de los trabajos.

Subcontratas

El contratista tiene potestad para contratar ciertas unidades u obra o capítulos a otras empresas, (contratistas) e industriales, manteniendo todas sus obligaciones como el Contratista general de la obra.

4. PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LOS TRABAJOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES.

Camino y accesos

El cerramiento o vallado de la obra, así como los accesos a la misma, serán realizados por el constructor, y se encargará de su mantenimiento en toda la duración de la obra. El Proyectista puede pedir y obligar a su modificación.

Replanteo

El replanteo de las obras en el terreno será tarea del contratista, que deberá señalar referencias que se mantendrán como base para posteriores replanteos, el Director de la obra aprobará este trabajo.

Inicio y ritmo de ejecución de la obra.

El constructor, en función de los plazos marcados y recogidos en el Pliego de Condiciones, marcará el inicio dela obra. Además, el contratista deberá dar aviso al Proyectista del inicio dela obra, tres días antes de los mismos como mínimo.

Orden de trabajos que componen la obra

La contrata determinará la secuencia ordenada de los trabajos, dando indicaciones necesarias a los demás Contratistas que intervengan.

Prorrogación de la duración de los trabajos por causa de fuerza mayor

Si el plazo de las obras, por causas de fuerza mayor, tuviese que sufrir variaciones, podrá concederse una prórroga para cumplir el tiempo acordado por la contrata. Para ello deberá existir un informe favorable previo por parte del Proyectista.

Condiciones generales de ejecución de los trabajos

El desarrollo de la obra deberá ceñirse a lo estipulado en Proyecto, a las modificaciones aprobadas y a las órdenes de D.F., menos de aquellas solictas mediante escrito no estuviesen notificadas.

Trabajos defectuosos

El Constructor empleará materiales adecuados para las exigencias en las Condiciones Generales y Particulares de carácter técnico del Pliego de Condiciones y llevará a cabo los trabajos contratados según lo especificado en el citado documento.

Será el responsable de ejecutar los trabajos que contrató, de las faltas y posibles defectos que puedan existir, debido a una defectuosa ejecución, una deficiencia en la calidad de materiales, sin que le exonere de la responsabilidad el control que es competencia del Director de obra.

El Director podrá mandar que una parte con defectos sea demolida y vuelta a construir, según lo contratado y a expensas de la contrata, si observa defectos en los trabajos o en caso de que los materiales no cumplen las exigencias.

Trabajos defectuosos

El Constructor debe utilizar aquellos materiales que satisfagan las necesidades requeridas en las condiciones generales y particulares de carácter técnico del pliego de condiciones y ejecutará aquellos trabajos contratados según lo especificado en dicho documento.

Será el responsable de llevar a cabo los trabajos que ha contratado y de faltas y defectos que en ellos pueda existir, por una mala ejecución o por una deficiente calidad de materiales, sin que le exculpe de la responsabilidad el control que compete al director de la obra.

El director podrá indicar que una parte con defectos sea demolida y reconstruida, según lo contratado y a expensas de la contrata, si observa defectos en los trabajos o que los materiales no cumplen las exigencias.

Materiales y aparatos defectuosos

Aquellos materiales que no fuesen de la calidad prescrita en el presente pliego, que no tuviesen la preparación que en él exige o que no contuviesen todas las prescripciones formales, el Proyectista, dará la orden al constructor de cambiarlos por otros que satisfagan las condiciones o alcancen el objetivo para el que serán destinadas.

Gastos ocasionados por pruebas u ensayos

La contrata tiene la obligación de tener limpio el lugar de trabajo y su alrededor, tanto de elementos sobrantes como de escombros, gestionando la retirada de instalaciones provisionales que no se necesiten, y también tomar medidas y llevar a cabo los trabajos que necesarios para que la obra tenga un buen aspecto.

5. DOCUMENTACIÓN FINAL

El proyectista, ayudado por el contratista y técnicos, realizarán la documentación final de la obra, que se entregará a los propietarios.

La documentación será:

Documentación de seguimiento de obra:

- Libro de Órdenes y asistencias.
- Libro de Incidencias (Seguridad y Salud)
- Documentos del Proyecto completo con anexos y modificados autorizados.
- Licencia de Obras, y documentación de apertura del centro de trabajo.

Documentación de control de obra:

- Documentación de control
- >Documentación, instrucciones de mantenimiento y de uso, así como garantías de suministros y materiales.

Certificado final de obra

6. LIBRO DE ÓRDENES

En toda la obra debe existir el libro de órdenes, debidamente cumplimentado, el cual se iniciará en fecha indicada de comprobar replanteo y se acabará en la de fecha de la recepción final. En este período, el libro estará en la zona de la Oficina de Obra a disposición de la Dirección, en él se debe dejar constancia de órdenes, comunicaciones oportunas, instrucciones, autorizándolas mediante firma.

Una vez efectuada la recepción definitiva, éste pasará a manos del Director quien deberá dejar que sea consultado por el Contratista cuando lo precise. El Contratista, a su vez, está obligado a proporcionar lo necesario para que la Dirección tenga todos los datos precisos para que el libro de órdenes esté correcto.

7. LIBRO DE INCIDENCIAS

Será necesario registrar aquellas incidencias e irregularidades en un Libro de Incidencias, debidamente diligenciado. Además en él se deben anotar aquellos aspectos que puedan alterar la ejecución de las obras tales como: condiciones de la atmósfera y las temperaturas ambientes, máxima y mínima; los trabajos llevados a cabo, resultados tras la ejecución de los ensayos; aquellos sucesos o aspectos que puedan alterar la ejecución de las obras.

8. SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA E INSTALACIONES

Ha de instalar el contratista, las señales que sean necesarias para indicar la circulación en el lugar de trabajos, el acceso a la zona de obra, y aquellos lugares que alberguen algún peligro, tanto en esta zona como en los alrededores.

Este debe acatar las órdenes que la Dirección comunique por escrito acerca de la instalación de señales complementarias o de modificar las ya existentes.

9. CONDICIONES ECONÓMICAS

Las pautas para las relaciones económicas para recibir la obra y abonarla se fijará en el pliego de condiciones y en el necesario contrato entre contratista y promotor.

Aquellos que intervengan en la ejecución de la obra tienen como derecho recibir de manera puntual las cantidades derivadas de su correcto trabajo, con arreglo al contrato establecido con anterioridad. Además, los propietarios, los contratistas y técnicos podrán exigir adecuadas garantías para el cumplimiento de las obligaciones acerca de los pagos.

Las Unidades de Obra se abonarán y mediarán de acuerdo a lo que figura en las especificaciones: en superficie, longitud, peso, volumen o unidad. Además, los precios de las unidades de obra serán dados por la suma de costes indirectos, directos, beneficio industrial y gastos generales.

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

El siguiente documento recoge las características que deben tener aquellos materiales usados en construcción, y las técnicas de colocación de los mismos en las obras y los que deben dirigir al realizar todo tipo de instalación y de otras obras que dependan de la obra.

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Este apartado abarca aquellas tareas referentes a movimientos de tierras o rocas, que son necesarias para llevar a cabo los trabajos.

El movimiento de tierras se hará acorde a lo especificado en las dimensiones y especificaciones del Proyecto de Ejecución, basándose en las indicaciones de los planos. El terreno necesario para la construcción debe ser limpiado retirando los escombros, desechos y la vegetación que pueda estar presente. La totalidad de los materiales obtenidos de las excavaciones, menos la tierra vegetal, pueden ser utilizados para el relleno. Aquellos materiales que deban ser desechados en vertederos deben contar con la autorización previa. Todos los fondos quedarán perfectamente nivelados limpios de tierras sueltas.

Previamente al relleno, se deben realizar los ensayos y densidad del mismo y en función de éstos, la dirección de la obra puede no aceptar el material si considera que no cumple con las exigencias.

Las obras se ejecutarán intentando producir las mínimas molestias a las zonas colindantes sobre todo si están habitadas.

Obras de saneamiento

El desarrollo de la red tendrá la mayor sencillez que sea posible, para conseguir así la conducción por gravedad. Debe ser una red estanca y no presentar exudaciones., las tuberías deben pertenecer a marcas reconocidas, materiales adecuados y cumpliendo las normativas.

Se incorporarán arquetas de registro con dimensión y materiales especificados cumpliendo siempre lo expuesto en el DB HS sección 5.

El colector deberá cumplir con la norma UNE-EN-1401, "sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado son precisión" (PVC-U)".

2. CIMENTACIONES

La profundidad de las excavaciones será la indicada en Proyecto. Las posibles corrientes de aguas subterráneas o pluviales que pudiesen producirse se desviarán o desviarán.

Previamente a verter el hormigón se añadirá una capa de hormigón de limpieza, para eliminar las irregularidades, debidamente nivelada. Además estas losas tendrán dimensiones recogidas en los planos, a no ser que el Director de Obra considere que deban ser modificadas para la mejora de la obra.

3. ELEMENTOS PREFABRICADOS

Aquellos elementos estructurales realizados en taller realizando únicamente el montón en la obra, deberán seguir indicaciones del fabricante y la D.F. Teniendo mucho cuidado con anclajes y el aplomado de los distintos elementos, así como el sellado de las juntas, empleando los materiales indicados por la Dirección de Obra.

4. MATERIALES PARA HORMIGONES Y MORTEROS

CEMENTO

Material de construcción entendido como un aglomerante hidráulico que corresponda a alguna definición de construcción RC-88.

Se cumplirán con las prescripciones y recomendaciones dentro de la Instrucción de Hormigón estructural (EHE)

Antes de su utilización, se comprobarán las características del cemento mediante ensayos. En todo hormigonado se emplearán cemento de una categoría no inferior a la 250.

HORMIGÓN

La ejecución y puesta en obra de los hormigones debe cumplir las preinscripciones generales de la EHE.

Las cantidades de hormigones deben ceñirse a las indicadas en el presupuesto y su docilidad debe ser la necesaria para que no queden coqueas en la masa.

Con el fin controlar la calidad de este, se sacarán probetas, durante la ejecución de la masa de hormigón que se esté empleando, para los ensayos de control de calidad.

En caso de que las cargas de rotura fuesen inferiores a las esperadas se podrán rechazar la parte de obra que corresponda.

El primer período, el endurecimiento, el hormigón se someterá a un proceso de curado en función del tipo de cemento utilizado y las condiciones meteorológicas, manteniéndose la humedad del mismo y evitando sobrecargas o vibraciones que puedan dañarlo.

ARMADURA

El conjunto de acero colocado dentro de la masa de hormigón aumentará la resistencia de este a esfuerzos. Se utilizarán barras de acero corrugado B 500 S, de diámetro 12 mm para paredes y 16 mm en soleras.

ESTRUCTURA

La estructura independientemente del material cumplirá con todas las normas en vigor. Antes de proceder a los encofrados se replanteará la estructura según los planos del proyecto. Se comprobará que la nivelación y verticalidad de encofrados y estructuras sea la correcta. Posteriormente se regarán los encofrados de hormigón.

ALBAÑILERÍA

Las obras de fábrica de ladrillo deben realizarse siguiendo las indicaciones marcadas en los planos y en la medición de forma adecuada. Los ladrillos a emplear, independientemente del tipo que sean, serán acordes a la normativa vigente, en referencia a dimensiones, resistencia y calidad.

Durante la ejecución de los cerramientos, debe hacerse especial atención al aplomado de paños, planeidad y horizontalidad.

Antes de su colocación se mojarán los ladrillos con agua. Se aplomarán los tabiques convenientemente y sus hiladas irán bien alineadas.

AISLAMIENTOS TÉRMICOS

Todos los materiales industriales deberán cumplir con las condiciones de funcionalidad y calidad recogidas en la normativa en vigor, siendo el contratista el encargado de tener el Certificado de Garantía que expide el fabricante.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

La instalación del cableado eléctrico deberá seguir las indicaciones del Reglamento electrotécnico de baja tensión y el resto de disposiciones en vigor, que afecten a materiales y prototipos de construcción.

El Técnico Director tendrá que aprobar el replanteo del trazado que seguirán las conducciones, previamente al montaje, comprobándose la homologación y marcas de

calidad de aquellos equipos que se vayan a utilizar y en caso de que la contrata considere que es necesario, para verificar su calidad, podrá exigir que se lleven a cabo análisis.

CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

Los conductores y cableados `presentarán las características asignadas en el Proyecto y siempre cumplirán las prescripciones generales recogidas en ICT-BT-20 de REBT.

Los conductores eléctricos irán siempre aislados y estarán realizados con cobre o aluminio, a excepción de si van sobre aisladores,

Las derivaciones individuales, según el CTC BT 15 estarán formadas por:

- **Conductores** aislados dentro de tubos empotrados, tubos enterrados, en el interior de tubos de montaje superficial o de canales protectores con tapa que únicamente se pueda abrir con un útil especial. Conductores aislados dentro de tubos en obra de fábrica.
- **Canalizaciones** prefabricadas cumpliendo la normativa.

El tendido de la red de distribución no se llevará a cabo si no están todos los elementos estructurales que sostendrán la instalación.

Toda canalización debe estar de tal forma que sea fácil acceder a sus conexiones y maniobrar, pudiéndose proceder en todo momentos a su reparación.

La cubierta de tapas o envoltentes, mandos pulsadores de maniobra de todos los equipos eléctricos serán de un material aislante,

La tensión asignada a los conductores aislados bajo tubo protector no será inferior a 450/750V. Los conductores serán de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado y los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21.

Disposiciones

En un montaje superficial se debe tener en consideración:

Se utilizarán bridas o abrazaderas protegidas contra corrosión para fijar los tubos a las paredes o techos, para establecer una unión sólida. Las abrazaderas estarán separadas como máximo 0.50 m.

Los tubos se curvarán o no para adaptase a la superficie sobre la que se instalan, y se utilizarán los accesorios correspondientes para dicha sujeción.

Cuando se crucen los tubos rígidos con las Juntas de Dilatación de una construcción, éstos se interrumpirán, quedando los extremos separados unos 5 cm y empalmándose seguidamente con manguitos.

En colocación empotrada se considerará:

La instalación de tubos empotrados se realizará tras dar por finalizados los trabajos de construcción y de enfoscado.

Las rozas tendrán una dimensión suficiente para que los tubos estén cubiertos por 1 cm del revestimiento del paramento horizontal o vertical, como mínimo.

Los tubos, en los cambios de dirección, estarán provistos de los accesorios pertinentes, y si es el caso estarán curvados.

Las cajas de conexión y tapas de registros, serán accesibles y se podrán desmontar una vez finalizada la obra.

Si el trazado de la red eléctrica está cerca de las no eléctricas, se colocarán de tal manera que entre las superficies exteriores de ambas, la distancia sea como mínimo de 3 cm. Si está próximo a conductos de calefacción, se colocarán de tal forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa.

No se situarán bajo otros conductos que puedan causar condensaciones, salvo que cuenten con una protección especial.

La conexión de conductores se ejecutará dentro de cajas apropiadas para tal fin, que cuenten con material aislante no propagador de llama. Las metálicas deberán protegerse de la corrosión. Deberán presentar una dimensión que permitan alojar holgadamente todos los conductores, con una profundidad mayor o igual al diámetro del mayor tubo, más un 50% del mismo, y un mínimo de 50 mm. Quedan prohibidas las uniones de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento, sino que deberán utilizarse bornes de conexión. Tanto conductores como cajas estarán sujetos a través de pernos de fiador en fábrica de ladrillo hueco, o con pernos de expansión en hormigón o fábrica de ladrillo macizo, y en metal con clavos Split.

APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA

Los contactores se encargan de evitar la formación del arco permanente al cortar la corriente máxima del circuito. Serán del tipo de cerrado y las piezas de contacto no excederán los 65°C de temperatura, llevando indicada su intensidad y tensión nominal. Estos se situarán en un cuadro junto a los dispositivos de protección, lo más próximo que sea posible al punto de entrada de la derivación individual, a una altura entre 1 y 2 m.

APARATOS DE PROTECCIÓN

- **Interruptores diferenciales**

Destinados a proteger todos los circuitos contra contactos indirectos, salvo que dicha protección se realice mediante otros dispositivos según el ICT-BT-24.

- **Interruptores automáticos**

Protección de tipo magnetotérmico de corte omnipolar pudiendo cortar la máxima corriente del circuito. Presenta curvas térmicas de corte como protección de sobrecargas y sistemas de corte electromagnético como protección a cortocircuitos.

- **Protección frente a contactos indirectos.**

Este tipo de protección está relacionado con las personas en contacto con partes activas de material eléctrico.

Salvo indicación contraria se utilizarán los medios indicados en la Norma UNE 20460: Protección por aislamiento de las partes activas.

- **Protección con barreras o envolventes**
- **Protección por alejamiento.**
- **Protección a través de obstáculos**
- **Protección complementaria con dispositivos de corriente diferencial residual.**

MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

Para el uso de maquinaria cumpliremos lo que se encuentra recogido en el reglamento de Seguridad en las máquinas, expuesto en el Real Decreto 1498/86, haciendo especial hincapié en lo indicado en instrucciones de uso, instalación, puesta en servicio, inspecciones y revisiones y reglas generales de seguridad.

El encargado de obras se responsabilizará en velar para el correcto uso de los útiles, y exigirá a los operarios que cumplan con las especificaciones sobre el uso de cada herramienta.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.- ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	139
2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	140
3.- DATOS DEL PROYECTO SOBRE EL QUE SE TRABAJA Y DEL ESTUDIO DE SS	141
4.- DATOS DE INTERÉS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA OBRA	142
5.- INSTALACION ELECTRICA PROVISIONAL DE OBRA	144
A. Riesgos detectables más comunes	144
B. Normas o medidas preventivas tipo	144
C. Prendas de protección personal recomendables	145
6.- RELACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO SE HAN PODIDO ELIMINAR	145
7.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES	146
8.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA	150
9.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MEDIOS AUXILIARES	152
10.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR HERRAMIENTAS	153

11.- INSTALACIONES PROVISIONALES Y AREAS AUXILIARES DE OBRA	157
12.- MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA A UTILIZAR EN LA OBRA	157
13.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR EN LA OBRA	157
14.- SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA	158
15.- REPARACION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO	159

1.- ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

La plantilla para el presente documento se ha bajado de la página del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de A Coruña, adaptándose y extrayendo los capítulos concernientes a la obra objeto de este documento.

El autor del Estudio de seguridad y salud, al afrontar la tarea de redactar el presente Estudio de seguridad y salud de la planta desaladora, se enfrenta con el problema de definir los riesgos detectables analizando el proyecto y su construcción.

Define además los riesgos reales, que en su día presente la ejecución de la obra, en medio de todo un conjunto de circunstancias de difícil concreción, que en sí mismas, pueden lograr desvirtuar el objetivo fundamental de este trabajo. Se pretende sobre el proyecto, crear los procedimientos concretos para conseguir una realización de obra sin accidentes ni enfermedades profesionales. Definirán las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra, y se confía poder evitar los "accidentes blancos" o sin víctimas, por su gran trascendencia en el funcionamiento normal de la obra, al crear situaciones de parada o de estrés en las personas.

Por lo expuesto, es necesaria la concreción de los objetivos de este trabajo técnico, que se definen según los siguientes apartados, cuyo ordinal de transcripción es indiferente pues se consideran todos de un mismo rango:

Conocer el proyecto a construir, la tecnología, los métodos de trabajo y la organización previstos para la realización de la obra así como el entorno, condiciones físicas y climatología del lugar donde se debe realizar dicha obra, con el fin de poder identificar y analizar los posibles riesgos de seguridad y salud en el trabajo

Analizar todas las unidades de obra contenidas en el proyecto a construir, en función de sus factores: formal y de ubicación, coherentemente con la tecnología y métodos viables de construcción a poner en práctica.

Colaborar con el equipo redactor del proyecto para estudiar y adoptar soluciones técnicas y organizativas que eliminen o disminuyan los riesgos.

Identificar los riesgos evitables proponiendo las medidas para conseguirlo, relacionar aquellos que no se puedan evitar especificando las medidas preventivas y de protección adecuadas para controlarlos y reducirlos, así como, describir los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares a utilizar.

Diseñar y proponer las líneas preventivas a poner en práctica tras la toma de decisiones, como consecuencia de la tecnología que va a utilizar; es decir: la protección colectiva, equipos de protección individual y normas de conducta segura, a implantar

durante todo el proceso de esta construcción. Así como los servicios sanitarios y comunes a utilizar durante todo el proceso de esta construcción.

Valorar adecuadamente los costes de la prevención e incluir los planos y gráficos necesarios para la adecuada comprensión de la prevención proyectada.

Servir de base para la elaboración del plan de seguridad y salud por parte del contratista y formar parte, junto al plan de seguridad y salud y al plan de prevención del mismo, de las herramientas de planificación e implantación de la prevención en la obra.

Divulgar la prevención proyectada para esta obra en concreto, a través del plan de seguridad y salud que elabore el Contratista

Crear un ambiente de salud laboral en la obra, mediante el cual, la prevención de las enfermedades profesionales sea eficaz.

Definir las actuaciones a seguir en el caso de que fracase la prevención prevista y se produzca el accidente, de tal forma, que la asistencia al accidentado sea la adecuada.

Colaborar a que el proyecto prevea las instrucciones de uso y mantenimiento y las operaciones necesarias e incluir en este estudio de seguridad y salud.

El Autor del Estudio de Seguridad y Salud declara: que es su voluntad la de identificar los riesgos y evaluar la eficacia de las protecciones previstas sobre el proyecto y en su consecuencia, diseñar cuantos mecanismos preventivos se puedan idear a su buen saber y entender técnico, dentro de las posibilidades que el mercado de la construcción y los límites económicos permiten

Que se confía en que si surgiese alguna laguna preventiva, el Contratista, a la hora de elaborar el preceptivo Plan de Seguridad y Salud, será capaz de detectarla y presentarla para que se la analice en toda su importancia, dándole la mejor solución posible.

Es obligación del contratista disponer los recursos materiales, económicos, humanos y de formación necesarios para conseguir que el proceso de producción de construcción de esta obra sea seguro.

2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto analizar, estudiar, desarrollar y complementar las previsiones contenidas en el Proyecto de Ejecución, en función del propio sistema constructivo.

3.- DATOS DEL PROYECTO SOBRE EL QUE SE TRABAJA Y DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Proyecto:

PLANTA DESALADORA DE AGUA SOSTENIBLE

- Autor del proyecto:

IVÁN GARCÍA VÁZQUEZ.

- Autor del Estudio de Seguridad y Salud:

IVÁN GARCÍA VÁZQUEZ

- Presupuesto de ejecución material:

El Presupuesto de Ejecución Material de la obra asciende a la cantidad total de **20.647.844,80 €**

- Plazo de ejecución:

Se tiene previsto que la duración inicial de las obras sea de sesenta meses.

- Jefe de Obra o trabajador designado por la Empresa para desarrollar las actividades preventivas:

A designar por la empresa constructora o por cada una de las subcontratas.

- Nº de trabajadores medio en fases de obra:

Para ejecutar la obra en un plazo de 60 meses se utiliza el porcentaje que representa la mano de obra necesaria sobre el presupuesto total.

CÁLCULO MEDIO DEL NÚMERO DE TRABAJADORES	
Presupuesto de ejecución material.	15.312.002,84 €
Importe porcentual del coste de la mano de obra.	30% s/ 15.312.002,84 € = 4.563.600,82 €
Nº medio de horas trabajadas por los trabajadores en un año.	4.230 horas
Coste global por horas.	4.563.600,82 € / 4.230 h = 1.085,96 €/hora

Precio medio hora / trabajadores.	10'80 €
Número medio de trabajadores / año.	1.085,96 €/h / 10'80 € / 5 años = 20,11
Redondeo del número de trabajadores máximo	21 trabajadores

Se considera que el número máximo de trabajadores alcanzará la cifra de 21 personas, contabilizados en la fase de la totalidad de la obra y se considera que la punta de los trabajadores máxima será de **15 trabajadores**.

4.- DATOS DE INTERÉS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA OBRA

- Centro asistencial más próximo.

En el presente proyecto la planta desaladora no tiene una ubicación concreta. En el momento de la ejecución de la obra en un lugar determinado se buscarían los datos de los centros asistenciales más próximos, tanto de atención primaria, como de centros hospitalarios.

Trabajos previos a la ejecución de la obra.

Previo a la ejecución de excavación de tierras han sido tenidos en cuenta los siguientes trabajos:

Realización del vallado del solar con paneles de enrejado metálico y postes, se realizarán dos accesos y reunirá los siguientes requisitos

- Altura: 2 mts.
- Puerta de una hoja corredera de 3 mts. para acceso de vehículos.
- Puerta de una hoja para acceso de personas.
- Señalización en entrada de vehículos que ponga:

“Atención peligro: Salida vehículos pesados”

“Prohibida la entrada a personas ajenas a la obra”

“Obligatorio el uso del caso de seguridad”

La acometida general a la obra se realizará mediante un cuadro homologado con cerradura, y se tendrá en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Ubicación y puesta en servicio de las instalaciones provisionales de obra que se realizarán en proporción al número de personas que inicialmente existan en obra, se situarán delante del vallado mientras se realiza la fase de excavación, se colocará una caseta prefabricada para aseo y vestuario y otra para oficina de obra.

Se establece un número máximo de trabajadores de 20 personas, indicándose a continuación los servicios que pueden existir en obra según el Capítulo III de la Ordenanza de Seguridad e Higiene:

Instalaciones provisionales para los trabajadores con módulos prefabricados metálicos comercializados

Las instalaciones provisionales para los trabajadores se alojarán en el interior de módulos metálicos prefabricados, comercializados en chapa emparedada con aislante térmico y acústico.

Se montarán sobre una cimentación ligera de hormigón. Se ha modulado cada una de las instalaciones de vestuario y comedor con una capacidad para 20 trabajadores, de tal forma, que den servicio a todos los trabajadores adscritos a la obra según la curva de contratación.

Si durante la fase de movimiento de tierras y cimentación no es posible la instalación de aseos, se autorizará a los trabajadores a utilizar el local público más próximo.

CUADRO INFORMATIVO DE EXIGENCIAS LEGALES VIGENTES	
Superficie de vestuario	20 trab x 2 m ² . = 40 m ²
Nº de inodoros	20 trab / 25 trab. = 1 ud
Nº de lavabos	20 trab / 10 trab. =2 ud
Nº de duchas	20 trab / 10 trab. 2 ud

5.- INSTALACION ELECTRICA PROVISIONAL DE OBRA

Se analiza en este apartado la instalación provisional de electricidad necesaria para la realización de los diferentes trabajos de la obra, así como para el suministro de corriente eléctrica a la maquinaria a emplear en los mismos. Se prevé una demanda de 24 Kw. para la maquinaria y alumbrado provisional de esta obra.

A. RIESGOS DETECTABLES MÁS COMUNES

- 1) Heridas punzantes en manos.
- 2) Caídas al mismo nivel.
- 3) Electrocutación, contactos eléctricos directos e indirectos

B. NORMAS O MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO

B.1.) SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

B.2.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LOS CABLES

B.3.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LOS INTERRUPTORES

B.4.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LOS CUADROS ELÉCTRICOS

B.5.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LAS TOMAS DE ENERGÍA

B.6.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LAS TOMAS DE TIERRA

B.7.) NORMAS DE PREVENCIÓN TIPO PARA LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

B.8.) NORMAS DE SEGURIDAD TIPO, DE APLICACIÓN DURANTE EL MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA

C. PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDABLES

- 1) Casco de polietileno para riesgos eléctricos.
- 2) Botas y guantes aislantes de electricidad.
- 3) Cinturón de seguridad clase C.
- 4) Banqueta aislante de la electricidad.
- 5) Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- 6) Comprobadores de tensión.
- 7) Letreros de " NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN RED".

6.- RELACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO SE HAN PODIDO ELIMINAR

En este trabajo, se consideran riesgos existentes en la obra pero resueltos mediante la prevención contenida en este trabajo el listado siguiente:

1. Caídas de personas a distinto nivel
2. Caída de personas al mismo nivel
3. Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento
4. Caídas de objetos en manipulación
5. Caídas de objetos desprendidos
6. Pisadas sobre objetos
7. Choques contra objetos inmóviles
8. Choques contra objetos móviles
9. Golpes por objetos o herramientas
10. Proyección de fragmentos o partículas
11. Atrapamiento por o entre objetos
12. Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos
13. Sobresfuerzos
14. Exposición a temperaturas ambientales extremas
15. Contactos térmicos
16. Exposición a contactos eléctricos
17. Exposición a sustancias nocivas
18. Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas

19. Exposición a radiaciones
20. Explosiones
21. Incendios
22. Accidentes causados por seres vivos
23. Atropellos o golpes con vehículos
24. Patologías no traumáticas
25. "In itinere"

7.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES

MOVIMIENTO TIERRAS

RIESGOS Y CAUSAS

- Accidentes causados por seres vivos
- Atrapamiento por o entre objetos
- Atropellos, colisiones, vuelcos
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento:
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Choques contra objetos móviles:

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

- Antes de iniciar la excavación se consultará con los organismos competentes si existen líneas eléctricas, alcantarillado, teléfono, pozos negros, fosas sépticas, etc.
- Vallado de obra: separación de entrada vehículos y personal.
- Barandilla de seguridad tipo ayuntamiento.
- Señalización: prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra, prohibición de personal en zona de maquinaria móvil, zona de circulación delimitada y distinta para vehículos y para personas, acotamiento de zona de caída al mismo y distinto nivel, máquina pesada, al borde de acopio de materiales.
- Anclajes especiales para amarre de cinturones de seguridad.
- Andamio metálico tubular apoyado, (usado como S+S).
- Barandilla metálica sobre pies derechos por aprieto.

- Cuerdas fiadoras para cinturones de seguridad.
- Entablado cuajado de seguridad para pasarelas de montaje inseguro.
- Tope para vehículos en borde de rampas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los operarios tendrán los equipos de protección individual correspondientes para la realización de su trabajo.

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Botas de seguridad con puntera y plantilla de acero.
- chaleco reflectante.
- Faja de protección contra los sobreesfuerzos.
- Cinturón antivibratorio para maquinista.
- Filtro mecánico para máscaras autónomas.
- Gafas protectoras contra el polvo.
- Guantes de cuero.
- Mascarilla contra las partículas con filtro mecánico recambiable.
- Mascarilla de papel filtrante.
- Protectores auditivos.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Se protegerán los elementos de Servicio Público que puedan ser afectados por la excavación, como bocas de riego, tapas, sumideros de alcantarillado, farolas etc.
- Deberán estar perfectamente localizados todos los servicios afectados, ya sea de agua, gas o electricidad que puedan existir dentro del radio de acción de la obra de excavación, y gestionar con la compañía suministradora su desvío o su puesta fuera de servicio.
- La zona de trabajo estará rodeada de una valla o verja de altura no menor de 2 m. Las vallas se situarán a una distancia del borde de la excavación no menor de 1,50 m.
- Cuando se tengan que derribar árboles, se acotará la zona, se cortarán por su base atirantándolos previamente y batiéndolos en última instancia.
- Al realizar cualquier operación se encuentra cualquier anomalía no prevista; cursos de agua, restos de construcciones, se parará la obra, al menos en ese tajo, y se comunicará a la Dirección Técnica.
- Los artefactos o ingenios bélicos que pudieran aparecer, deberán ponerse inmediatamente en conocimiento de la Comandancia más próxima de la Guardia Civil.
- La aparición de depósitos o canalizaciones enterradas, así como filtraciones de productos químicos o residuos de plantas industriales próximas al solar a

desbrozar, deben ser puestos en conocimiento de la Dirección Facultativa de la obra, para que tome las decisiones oportunas en cuanto a mediciones de toxicidad, límites de explosividad o análisis complementarios, previos a la continuación de los trabajos. De la misma forma se procederá ante la aparición de minas, simas, corrientes subterráneas, pozos, etc

RECURSO PREVENTIVO DE MOVIMIENTO TIERRAS, EXCAVACIONES.

ACTIVIDADES DE VIGILANCIA DEL RECURSO PREVENTIVO.

En esta unidad de obra, estas actividades de vigilancia servirán para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control de riesgo.

Los recursos preventivos comprobarán que los operarios encargados de la excavación, realizan las operaciones mediante procedimiento de trabajo seguro.

INSTALACIONES

INSTALACION DE ELECTRICIDAD

RIESGOS Y CAUSAS

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Contactos eléctricos directos.
- Lesiones o golpes/cortes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

- Barandillas tubulares sobre pies derechos por aprieto tipo carpintero.
- Barandillas tubulares al borde de forjados o losas.
- Oclusión de huecos verticales mediante red, puntales.
- Puntos de anclaje seguros o Cables fiadores para arneses de seguridad.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad de PVC -de media caña- aislantes
- Casco de seguridad.

- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Guantes aislantes de la electricidad.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica, se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación se procederá a comprobar la existencia real en la sala, de la banqueta de maniobras, pértigas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín, y que los operarios se encuentran vestidos con las prendas de protección personal. Una vez comprobados estos puntos, se procederá a dar la orden de entrada en servicio.
- El almacén para acopio de material eléctrico se ubicará en el lugar habilitado al efecto.
- El montaje de aparatos eléctricos (magnetotérmicos, disyuntores, etc.) será ejecutado siempre por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- En la fase de obra de apertura de rozas se esmerará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropiezos.
- La herramienta a utilizar por los electricistas instaladores, estará protegida con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux, medidos a 2 m del suelo.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 V.
- La instalación eléctrica en terrazas, tribunas, balcones, vuelos, etc., sobre escaleras de mano (o andamios sobre borriquetas), se efectuará una vez instalada una red tensa de seguridad entre las plantas "techo" y la de apoyo en la que se ejecutan los trabajos, para eliminar el riesgo de caída desde altura.

RECURSO PREVENTIVO DE INSTALACIONES - ELECTRICIDAD - BAJA TENSION - ACOMETIDA GENERAL Y MONTAJE DE LA CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

ACTIVIDADES DE VIGILANCIA DEL RECURSO PREVENTIVO

En esta unidad de obra, estas actividades de vigilancia servirán para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control del riesgo.

En esta unidad de obra no es necesaria la presencia de recursos preventivos, al no darse ninguno de los requisitos exigibles por la Ley 54/2003, Artículo cuarto punto tres.

8.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA

AUTOGRUA O GRUA MOVIL AUTOPROPULSADA

RIESGOS Y CAUSAS

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Proyección de fragmentos o partículas
- Golpes / cortes con objetos o herramientas
- Atrapamientos por vuelco de máquinas o vehículo
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos directos
- Riesgos diversos

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Casco de seguridad.
- Chaleco de alta visibilidad CE Cat. II EN 471.
- Guantes de cuero.
- Protectores auditivos.
- Ropa de protección frente a agresiones mecánicas.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Las cabinas estarán provistas de accesos fáciles y seguros desde el suelo . Las escaleras, asideros y superficies de la máquina deben estar limpios de obstáculos, grasas, etc.
- Los trabajadores accederán a las partes altas del vehículo y todos sus componentes (grúa, cabina, etc.) usando los medios instalados por el fabricante que en caso. En caso de que no existan o sean insuficientes, se utilizarán escaleras normalizadas o equipos auxiliares homologados como plataformas elevadoras.
- Cuando el trabajador/a deba permanecer realizando alguna tarea sobre el vehículo o algunos de sus componentes (grua, pluma, plumines, etc.) a más de 2 metros de altura, el trabajador deberá utilizar un cinturón de seguridad anclado a un punto estable y seguro que elimine el riesgo de caída a distinto nivel.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- El asiento irá dotado de un cinturón de seguridad que en caso de vuelco del vehículo mantenga al trabajador pegado al asiento. En el caso de asientos sobre plataforma que no disponga de cabina , éste descansará sobre una plataforma de anchura libre de paso mínima de 60 cm. y rodeada en todo su perímetro de una barandilla de material rígido y de una altura mínima de 90 cm. con barra intermedia.
- Las escaleras de acceso a los asientos elevados serán de una anchura mínima de 40 cm. y de una separación máxima entre peldaños de 30 cm.
- Está **TERMINANTEMENTE PROHIBIDO** elevar personas con el **GANCHO** de la grúa. En caso de que alguna persona de la obra solicite una operación de este tipo , el operario que esté autorizado a manipular el citado equipo , deberá de ponerse en contacto con el responsable de la obra y con el responsable de la empresa titular de la grúa para no permitir este tipo de operaciones por ninguna circunstancia.

ACTIVIDADES DE VIGILANCIA DEL RECURSO PREVENTIVO

En esta unidad de obra, estas actividades de vigilancia servirán para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control del riesgo.

Los Recursos Preventivos vigilarán que el operador de esta máquina durante los desplazamientos, trabajos y demás operaciones por la obra, cumple con todas las - Actividades de Prevención y Protecciones Colectivas- establecidas anteriormente, utilizando los -Equipos de Protección Individual previstos.

9.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MEDIOS AUXILIARES

ANDAMIOS METÁLICOS TUBULARES

RIESGOS Y CAUSAS

- Atrapamiento por o entre objetos
- Caída de objetos
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Lesiones o golpes/cortes por objetos o herramientas

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Todos los andamios a utilizar en esta obra deberán de ser homologados y cumplir con lo establecido en la norma UNE HD-1000 y el R.D. 2177/04 sobre disposiciones mínimas de seguridad para trabajos temporales en altura
- Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo.
- Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas (elemento auxiliar del propio andamio).
- Las barras, módulos tubulares y tablonos se izarán mediante sogas de cáñamo con nudos de marinero o eslingas normalizadas.
- Las cargas se izarán hasta la plataforma de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas como mínimo de dos bridas del andamio tubular.
- Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados.
- Las plataformas de trabajo se consolidarán tras su formación mediante abrazaderas de sujeción en los andamios tubulares.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm de ancho limitándose por delante, por detrás y lateralmente por un rodapié de 15 cm y una

barandilla sólida de 90 cm como mínimo, montada sobre la vertical del rodapié posterior con pasamanos, listón intermedio y rodapié.

- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior, es decir hacia la cara en donde no se trabaja.
- Los husillos en las bases del andamio se clavarán a los tablones de reparto con clavos de acero hincados hasta el fondo y sin doblar.

ACTIVIDADES DE VIGILANCIA DEL RECURSO PREVENTIVO

En esta unidad de obra, estas actividades de vigilancia servirán para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control del riesgo.

Los Recursos Preventivos comprobarán que los operarios encargados del montaje, desmontaje y uso del andamio, realizan las operaciones mediante procedimientos de trabajo seguros.

10.- ANÁLISIS INICIAL DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR HERRAMIENTAS

COMPRESOR

RIESGOS Y CAUSAS

- Atrapamiento por o entre objetos
- Exposición a ambiente pulverulento
- Exposición a ruido excesivo

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- El arrastre directo para ubicación del compresor por los operarios se realizará (siempre que sea posible) a una distancia nunca inferior a los 2 m. (como norma general), del borde de coronación de cortes y taludes.
- El compresor a utilizar en la obra, quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos

antideslizamientos. Si la lanza de arrastre carece de rueda o de pivote de nivelación, se le adaptará mediante un suplemento firme y seguro.

- El transporte en suspensión se efectuará mediante un eslingado a cuatro puntos del compresor, de tal forma, que quede garantizada la seguridad de la carga.
- La zona dedicada en la obra para la ubicación del compresor, quedará señalizada, instalándose señales de "obligatorio el uso de protectores auditivos" para sobrepasar la línea de limitación. Las carcassas protectoras de los compresores a utilizar en la obra, estarán siempre instaladas en posición de cerradas.
- Las mangueras de los compresores a utilizar en la obra, estarán siempre en perfectas condiciones de uso; es decir, sin grietas o desgastes que puedan producir un reventón.
- Los compresores a utilizar en la obra serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir la contaminación acústica.

ACTIVIDADES DE VIGILANCIA DEL RECURSO PREVENTIVO

En esta unidad de obra, estas actividades de vigilancia servirán para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control del riesgo.

Los Recursos Preventivos vigilarán que el operador de esta máquina durante los desplazamientos, trabajos y demás operaciones por la obra, cumple con todas las - Actividades de Prevención y Protecciones Colectivas- establecidas anteriormente, utilizando los -Equipos de Protección Individual previstos.

MARTILLO NEUMÁTICO O ELECTRICO

RIESGOS Y CAUSAS

- Atrapamiento por o entre objetos
- Caída de objetos
- Caída de personas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directo
- Exposición a ambiente pulverulento
- Exposición a ruido excesivo
- Exposición a vibraciones

- Lesiones o golpes/cortes por objetos o herramientas

Proyección de fragmentos o partículas

Sobreesfuerzos

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Guantes de cuero.
- Mascarilla de papel filtrante.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- Antes del inicio del trabajo con martillos neumáticos se inspeccionará el terreno circundante, para detectar los posibles peligros de desprendimientos de tierra o rocas por la vibración transmitida al entorno.
- Cada tajo con martillo neumático, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en previsión de lesiones por exposición continuada a vibraciones.
- El personal de esta obra, que deba manejar los martillos neumáticos será especialista en el uso de este tipo de maquinaria.
- En el acceso a un tajo en el que se utilice martillo neumático, se instalarán señales de "uso obligatorio de protección auditiva".
- En esta obra, a los operarios encargados de manejar los martillos neumáticos se les hará entrega de la normativa preventiva correspondiente.

SOLDADURA ELECTRICA.

RIESGOS Y CAUSAS

- Caída de personas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos
- Exposición a radiaciones no ionizantes
- Exposición a contaminantes químicos
- Incendios y explosiones
- Lesiones o golpes/cortes por objetos o herramientas

- Proyección de fragmentos o partículas
- Quemaduras

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Casco de seguridad.
- Filtro mecánico para máscaras autónomas.
- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Guantes aislantes de la electricidad.
- Guantes de cuero.
- Máscarilla contra las partículas con filtro mecánico recambiable.
- Pantalla de seguridad para soldadura.
- Ropa de trabajo.

MEDIDAS PREVENTIVAS

- A cada soldador y ayudante a intervenir en la obra se le entregará la siguiente lista de medidas preventivas; del recibí se dará cuenta al Coordinador en materia de Seguridad y Salud.
- Las radiaciones del arco voltaico son perniciosas para su salud. Protéjase con el yelmo de soldar o la pantalla de mano siempre que suelde.
- No mire directamente al arco voltaico. La intensidad luminosa puede producirle lesiones graves en los ojos.
- No pique el cordón de soldadura sin protección ocular. Las esquirlas de cascarilla desprendida pueden producirle graves lesiones en los ojos.
- No toque las piezas recientemente soldadas; aunque le parezca lo contrario, pueden estar a temperaturas que podrían producirle quemaduras serias.
- Suelde siempre en un lugar bien ventilado, evitará intoxicaciones y asfixia.
- Antes de comenzar a soldar, compruebe que no hay personas en el entorno de la vertical de su puesto de trabajo. Les evitará quemaduras fortuitas.
- No se 'prefabrique" la "guíndola de soldador".
- No deje la pinza directamente en el suelo o sobre la perfilería. Deposítela sobre un portapinzas.
- Pida que le indiquen cual es el lugar más adecuado para tender el cableado del grupo.
- No utilice el grupo sin que lleve instalado el protector de clemas.
- Compruebe que su grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura.

11.- INSTALACIONES PROVISIONALES Y AREAS AUXILIARES DE OBRA

- Alquiler caseta aseo
- Alquiler caseta almacén de obra.
- Cuadro general de obra $P_{m\acute{a}x}=180$ kW.
- Cuadro secundario obra $P_{m\acute{a}x}=40$ kW.
- Extintor polvo ABC 6 kg.
- Taquilla metálica individual.
- Toma de tierra pica de cobre.
-

12.- MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA A UTILIZAR EN LA OBRA

Del análisis de riesgos laborales que se ha realizado y de los problemas específicos que plantea la construcción de la obra, se prevé utilizar los siguientes medios de protección colectiva:

- Barandillas tubulares al borde de forjados o losas , huecos diversos y para escaleras.
- Puntos de anclaje y Cables fiadores para arneses de seguridad, líneas de vida
- Mallazo de seguridad para huecos
- Oclusión de hueco horizontal por medio de una tapa de madera.
- Sistema de redes verticales y horizontales para huecos verticales y otros huecos
- Sistema de redes sobre soportes tipo "horca comercial".
- Tope para vehículos.
- Marquesina para protección.

13.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR EN LA OBRA

Como consecuencia del análisis de riesgos laborales, existen algunos de ellos que no han podido resolverse con la instalación de protección colectiva, por lo tanto, se han optado por utilizar los siguientes medios de protección individual:

- Arnés de seguridad.
- Botas de seguridad de PVC -de media caña- con plantilla contra los objetos punzantes.
- Botas impermeables de goma o material plástico sintético.
- Casco de seguridad.
- Chaleco reflectante.

- Faja de protección contra los sobreesfuerzos.
- Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o material plástico sintético.
- Máscara contra las partículas con filtro mecánico recambiable. Filtro mecánico para máscaras autónomas.
- Mascarilla con filtro para polvo.
- Pantalla de seguridad para soldadura.
- Protectores auditivos.
- Ropa de trabajo.

14.- SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA

La señalización de seguridad prevista en el presente Estudio de Seguridad y Salud será conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, en el que se establece un conjunto de preceptos sobre dimensiones, colores, símbolos y formas de señales y conjuntos que proporcionan una determinada información relativa a la seguridad.

SEÑALIZACIÓN DE RIESGOS.

Como complemento de la protección colectiva y de los equipos de protección individual previstos, se decide el empleo de una señalización normalizada, que recuerde en todo momento los riesgos existentes a todos los que trabajan en la obra.

La prevención diseñada, para su mejor eficacia, requiere el empleo de la siguiente señalización:

- Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de material de plástico, incluso colocación y
- Malla de polietileno alta densidad con tratamiento antiultravioleta, color naranja de 1 m. de altura, tipo stopper, i/colocación y desmontaje, amortizable en 3 usos.
- Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, incluso colocación y desmontaje, amortizable en 3 usos.

SEÑALIZACIÓN VIAL.

Debido a la presencia de tráfico rodado, se originan riesgos importantes para los trabajadores. Por ello, es necesario instalar la señalización pertinente, reflejada en

el Código de Circulación de la Dirección General de Tráfico y en la Norma de Carretera 8.3 - I.C. sobre señalización provisional de obra.

La señalización vial que se requiere es la siguiente:

- Banderola señalización colgante realizada de plástico de colores rojo y blanco, reflectante, i/soporte metálico de 1,20 m., amortizable en 3 usos, colocación y desmontaje.
- Señal de STOP, tipo octogonal de D=60 cm., normalizada, con soporte de acero galvanizado de 80x40x2 mm. y 2m. de altura, amortizable en 5 usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-100/40, colocación y desmontaje.

15.- REPARACION, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

Las medidas preventivas de seguridad en la ejecución de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento en general, son similares a las descritas anteriormente en el Estudio de Seguridad y Salud, para los distintos trabajos de ejecución de la obra. Estas medidas preventivas, habrán de completarse, naturalmente con las necesarias al estar las viviendas en uso, es decir, se aislará, en su caso la zona de la obra, se pondrán las señalizaciones adecuadas, o se dejarán fuera de servicio instalaciones o parte de ellas si ello fuera necesario.

Los trabajos que se prevén en este anexo se circunscriben fundamentalmente, a los elementos siguientes: Maquinaria, Cubiertas, Fachadas, Instalaciones y acabados

En general, en los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, se cumplirán todas las disposiciones que sean de aplicación de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene.

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	164
2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	174

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	UNIDAD	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 OBRA CIVIL					
SUBCAPÍTULO 1.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y EXCAVACIONES					
APARTADO 1.1.1 GRANDES DEPÓSITOS					
A1	m3	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Acondicionamiento y preparación del terreno. Excavación a cielo abierto. Excavación en zanjas. Excavación en pozos. Relleno y compactación.	26.100,00	9,00	234.900,00 €
		DEPOSITO DE CAPTACIÓN	18.000,00		
		AGUA TRATADA	8.100,00		
		TOTAL APART. 1.1.1 DEPÓSITO DE CAPTACIÓN.....			234.900,00 €
APARTADO 1.1.2 PLANTA DESALADORA					
B1	m2	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Acondicionamiento y preparación del terreno. Excavación a cielo abierto. Desbroce. Nivelación. Relleno y compactación.	21.560,00	6,54	141.002,40 €
		ALMACÉN	1.960,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	4.900,00		
		POST-TRATAMIENTO	4.900,00		
		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	9.800,00		
B3	m2	URBANIZACIÓN Accesos Muros Bordillos Aceso calles zona peatonal Pavimentos calle tráfico rodado. Sumideros. Conducciones de agua potable y riego. Válvulas de corte agua y riego. Bocas de incendio equipadas Bocas de riego. Conducciones de aguas residuales. Pozo de registro y arquetas. Obras complementarias red de saneamiento.	16.700,00	17,14	286.238,00 €
		TOTAL APARTADO 1.1.2 PLANTA DESALADORA			<u>427.240,40 €</u>
		TOTAL SUBCAPÍTULO 1.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y EXCAVACIONES.....			662.140,40 €

SUBCAPÍTULO 1.2 CIMENTACIONES

C1	m3	ZONA DE CAPTACIÓN Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m ³ ; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de muro y losa de cimentación, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.	3.360,00	185,00	621.600,00 €
		Losa de 100m x 100m x 0,3 m	3000		
		4 muros de 100m x 1,8m x 0,5m	360		
C2	m3	DEPÓSITO DE BOMBEO Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m ³ ; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de muro y losa de cimentación, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.	34,50	185,00	6.382,50 €
		Losa de 5m x 7m x 0,3 m	10,5		
		2 Muros de 5m x 2m x 0,5m	10		
		2 Muros de 7m x 2m x 0,5m	14		
C3	m3	ALMACÉN Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m ³ ; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de cimentación, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.	58,86	185,00	10.889,10 €
		Zapatas (1m x 1m x 0,5m)	27,5		
		Riostras (0,4m x 0,4m)	31,36		

C4	m3	<p>ENVASADO Y ALMACENAMIENTO</p> <p>Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de cimentación, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.</p>	105,30	185,00	19.480,50 €
		Zapatas (1m x 1m x 0,5m)	60,5		
		Riostras (0,4m x 0,4m)	44,8		
C5	m3	<p>POST-TRATAMIENTO</p> <p>Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.</p>	105,30	185,00	19.480,50 €
		Zapatas (1m x 1m x 0,5m)	60,5		
		Riostras (0,4m x 0,4m)	44,8		
C6	m3	<p>NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA</p> <p>Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.</p>	182,70	185,00	33.799,50 €
		Zapatas (1m x 1m x 0,5m)	115,5		
		Riostras (0,4m x 0,4m)	67,2		

C7	m3	<p>DEPÓSITOS DE AGUA TRATADA</p> <p>Cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.</p>	2538,00	185,00	469.530,00 €
		Losa de 90m x 90m x 0,3 m	2430		
		4 muros de 90m x 1m x 0,3m	108		
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.2 CIMENTACIONES.....					1.181.162,10 €
SUBCAPÍTULO 1.3 REDES ENTERRADAS					
D1	m	<p>Suministro y montaje de tubería, arquetas y pozos enterradas para la red de drenaje, con una pendiente mínima del 0,50%, para captación de aguas subterráneas, de tubo ranurado de PVC de doble pared, la exterior corrugada y la interior lisa, color teja RAL 8023, con ranurado a lo largo de un arco de 220° en el valle del corrugado, para drenaje, rigidez anular nominal 4 kN/m², de 200 mm de diámetro, según UNE-EN 13476-1, longitud nominal 6 m, unión por copa con junta elástica de EPDM, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/B/20/I, de 10 cm de espesor, en forma de cuna para recibir el tubo y formar las pendientes, con relleno lateral y superior hasta 25 cm por encima de la generatriz superior del tubo con grava filtrante sin clasificar. Incluso lubricante para montaje. El precio no incluye la excavación ni el relleno principal.</p>	960,00	144,70	138.912,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3 REDES ENTERRADAS.....					138.912,00 €
SUBCAPÍTULO 1.4 ESTRUCTURAS					
EE1	m	<p>PILARES DE ACERO S275J</p> <p>Suministro y montaje de estructura en Acero S275JR según UNE-EN 10025 en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.</p>	614.427,00	1,99	1.222.709,73 €
		ALMACÉN	27.456,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	99.099,00		
		POST-TRATAMIENTO	99.099,00		

		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	388.773,00		
		VIGAS DE ACERO S275J	950.686,00	1,99	1.891.865,14 €
EE2	m	Suministro y montaje de estructura en Acero S275JR según UNE-EN 10025 en vías, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.			
		ALMACÉN	27.456,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	180.180,00		
		POST-TRATAMIENTO	180.180,00		
		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	562.870,00		
EE3	m2	ESTRUCTURA CUBIERTA DE ACERO S275J	21.560,00	22,25	479.710,00 €
		Estructura metálica ligera autoportante, formada por acero UNE-EN 10162 S235JRC, en perfiles conformados en frío de las series L, U, C o Z, acabado galvanizado, con una cuantía de acero de 5 kg/m ² .			
		ALMACÉN	1.960,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	4.900,00		
		POST-TRATAMIENTO	4.900,00		
		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	9.800,00		
EE4	m2	CUBIERTA DE PANEL SANDWICH	21.560,00	35,21	759.127,60 €
		Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes de acero, de 30 mm de espesor y 1150 mm de ancho, alma aislante de lana de roca, con una pendiente mayor del 10%.			
		ALMACÉN	1.960,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	4.900,00		
		POST-TRATAMIENTO	4.900,00		
		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	9.800,00		
EE5	m2	CERRAMIENTO DE LAS NAVES	8.876,00	19,87	176.366,12 €
		Cerramiento de fachada formado por paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado liso, de color gris, dispuestos en posición horizontal.			
		ALMACÉN	1.176,00		
		ENVASADO Y ALMACENAMIENTO	1.960,00		
		POST-TRATAMIENTO	1.960,00		
		NAVE DE ETAPA DE ÓSMOSIS INVERSA	3.780,00		
EE6	m2	CARPINTERIA EXTERIOR	803,60	221,34	177.868,82 €
		Puertas de acceso, y entradas de camiones, así como ventanas, tragaluz, etc, en aluminio lacado con espesor suficiente para ambientes marinos.			
		TOTAL SUBCAPÍTULO 1.4 ESTRUCTURAS.....			4.707.647,41 €
		TOTAL CAPITULO 1			6.689.861,91 €

CAPÍTULO 2 EQUIPOS MECÁNICOS

SUBCAPÍTULO 2.1 EQUIPOS

APARTADO 2.1.1 DEPÓSITOS

E1	Ud	Piscina de captación Material: Hormigón armado enterrado Fluido: Agua bruta Volumen: 18000 m3 Dimensiones: 5x40x90m Fondo:Plano Techo:Abierto Acondicionamiento	1,00	37.360,0 0	37.360,00 €
E2	Ud	Depósitos de agua tratada Material: Hormigón armado con revestimiento Fluido: Agua potable Volumen: 2 x 4050 m3 Dimensiones: Radio =16 m H=5m Fondo:Plano Techo:Plano	2,00	319.540, 0	639.080,00 €
E3	Ud	Depósito de adición de reactivos Material: Plástico Reforzado con fibra de vidrio Fluido: Agua permeada + Dosificaciones químicas Volumen: 2 x 10,2 m3 Dimensiones: D= 2m H=3,25m Fondo: Plano Techo: Semielíptico Tipo Korbogen Acoplamiento de agitador.	2,00	5.740,00	11.480,00 €
E4	Ud	Depósito de NaClO Material: Acero inoxidable Fluido: NaClO Volumen: 1 x 42 m3 Dimensiones: D=2,5m H=4,3m Fondo: Korbogen Techo: Korbogen	1,00	16.770,0 0	16.770,00 €
E5	Ud	Calderín de aire comprimido Material: Aluminio Fluido: Aire comprimido a 8,5 bar Volumen: 6 m3 Fondo: Plano Techo: Plano Acoplamiento de válvula de seguridad	1,00	5.310,00	5.310,00 €
TOTAL APARTADO 2.1.1 DEPÓSITOS.....					710.000,00 €
APARTADO 2.1.2 BOMBAS					
F1	Ud	Sulzer API 610 Potencia: 710 KW.	1,00	37.246,6 2	37.246,62 €
F2	Ud	Pompe Zanni H.150.C/1 Potencia: 529 KW.	4,00	18.114,8 6	72.459,44 €
F3	Ud	SBMC UHB-ZK250/600-32 Potencia: 110 KW.	3,00	28.378,3 8	85.135,14 €

F4	Ud	Pompe Zanni HMVM 250.A/6 Potencia: 644,92 KW.	5,00	27.908,9 2	139.544,60 €
TOTAL APARTADO 2.1.2 BOMBAS.....					334.385,80 €
APARTADO 2.1.3 EQUIPOS COMPLEMENTARIOS					
A-01	Ud	Agitador depósito de limpieza Agitador de depósito de limpieza química.	1,00	720,00	720,00 €
A-02	Ud	Agitador depósito de preparación NaCl Agitador de depósito de preparación de NaCl	1,00	530,60	530,60 €
B-01	Ud	B-01 Filtros de doble medio Arena-Antracita Filtros de Arena-Antracita Marca: Grupo Inter Water Área de superficie filtrante: 53,54 m2 Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio	18,00	15.235,5 0	274.239,00 €
B-02	Ud	TAP Tubos de alta presión (Membranas ósmosis) Permeadores de membranas de alta presión Fabricante: Dow	250,00	70,95	17.737,50 €
MEM-01	Ud	Membranas de ósmosis inversa Toray Membranas de ósmosis inversa por etapa. Fabricante: Toray Presión máxima: 8,3 MPa Temperatura máxima de operación: 45°C Número de membranas: 1750 Rechazo mínimo de sales: 99,86%	1750,00	66,00	115.500,00 €
TOTAL APARTADO 2.1.3 OTROS EQUIPOS.....					408.727,10 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.1 EQUIPOS.....					1.453.112,90 €
SUBCAPÍTULO 2.2 TUBERÍAS					
H1	m	Tubería de polietileno PEAD fijada al fondo marino como emisario de diámetro 1.6 m	1500,00	1.321,00	1.981.500,00 €
H2	m	Tubería de polietileno PEAD conexión entre la piscina de captación a la primera etapa de pretratamiento de diámetro 0,5 m	240,00	109,98	26.395,20 €
H3	m	Tubería de polietileno PEAD conexión entre el depósito de flotación y los filtros de cartucho de diámetro 0,315 m	300,00	44,13	13.237,50 €
H4	m	Tubería de polietileno PEAD conexión entre filtro de cartucho y primera etapa de membranas de ósmosis de diámetro 0,25 m	200,00	27,50	5.499,20 €
H5	m	Tubería de polietileno PEAD fijada al fondo marino como emisario de diámetro 1.6 m	1700,00	1.321,00	2.245.700,00 €

TOTAL SUBCAPÍTULO 2.2 TUBERÍAS.....	4.272.331,90 €
TOTAL CAPÍTULO 2 EQUIPOS MECÁNICOS	5.725.444,80 €

CAPÍTULO 3 INSTALACIONES NAVES					
11	Ud	SUBCAPÍTULO 3.1 TRANSFORMADORES, CUADROS Y PROTECCIONES Transformadores de media tensión 0,42/11 kV. Transformadores de baja tensión. Grupo electrógeno de emergencia diesel. Cuadros de distribución de energía. Cuadros de fuerza y alumbrado, de alimentación eléctrica a consumidores de servicios auxiliares. Equipos de compensación de energía reactiva. Sistema de tensión segura de la Planta formado a su vez por SAI's y cuadros de distribución de tensión. Canalizaciones enterradas o en bandejas de la instalación eléctrica.	1,00	372.500,00	372.500,00 €
12	Ud	SUBCAPÍTULO 3.2 ALUMBRADO Sistemas y cableado de alumbrado exterior e interior a base de proyectores led de alta eficiencia con niveles según proyecto.	1,00	475.870,20	475.870,20 €
13	Ud	SUBCAPÍTULO 3.3 FUERZA Conducciones para el cableado de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro colocadas en zanja. Instalación interior y conexión y sectorización por zonas de acuerdo al proyecto	1,00	726.611,67	726.611,67 €
14	Ud	SUBCAPÍTULO 3.4 VENTILACION Instalación de ventilación ejecutada con conductos circulares colgada a la estructura para la ventilación y extracción, conexión a recuperadores de calor así como a soplantes para asegurar la calidad del aire.	1,00	295.100,0	295.100,00 €
15	Ud	SUBCAPÍTULO 3.5 FONTANERÍA Instalación de fontanería de las naves para procesos no industriales.	1,00	28.500,0	28.500,00 €
16	Ud	SUBCAPÍT. 3.6 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Instalación de protección contra incendios compuesta por un sistema de protección pasiva de las estructuras metálicas, elementos de extinción compuestos por extintores, central de alarma, pulsadores, sirenas, etc.	1,00	214.000,0	214.000,00 €
17	Ud	SUBCAPÍTULO 3.7 TELECOMUNICACIONES Instalación de telecomunicaciones compuesto por el RITI y la instalación interior	1,00	34.100,00	34.100,00 €
TOTAL CAPÍTULO 3 INSTALACIONES				2.146.681,87 €	

		CAPÍTULO 4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL			
J1	Ud	SUBCAPÍTULO 4.1PLC/SISTEMAS DE CONTROL	1,00	25.564,00	25.564,00 €
		Unidad central de control y bloques de entrada y salida unidos por bus de comunicación.			
		TOTAL SUBCAP. 4.1PLC/SISTEMAS DE CONTROL			25.564,00 €
J2		SUBCAPÍTULO 4.2 INSTRUMENTOS			
		Instrumentos necesarios para la toma de medidas en tiempo real en la planta			
J21	Ud	Indicador y transmisor de temperatura	6,00	324,15	1.944,90 €
J22	Ud	Indicador y transmisor de presión	39,00	679,23	26.489,97 €
J23	Ud	Indicador y transmisor de conductividad	19,00	3.426,90	65.111,10 €
J24	Ud	Indicador y transmisor de presión diferencial	16,00	680,60	10.889,60 €
J25	Ud	Indicador y transmisor de pH	17,00	3.612,30	61.409,10 €
J26	Ud	Sensor de nivel	60,00	584,12	35.047,20 €
J27	Ud	Transmisor de nivel	17,00	1.156,70	19.663,90 €
J28	Ud	Caudalímetro	17,00	2.351,00	39.967,00 €
		TOTAL SUBCAPÍTULO 4.2 INSTRUMENTOS			260.522,77 €
J3	Ud	SUBCAPÍTULO 4.3 SOPORTACIÓN BANDEJAS Y ELEMENTOS AUXILIAR	1,00	25.325,00	25.325,00 €
		Bandejas de soporte para el cableado de los instrumentos y elementos de sujeción.			
		TOTAL SUBCAPÍTULO 4.3 SOPORTACIÓN BANDEJAS Y ELEMENTOS AUXILIARE			25.325,00 €
		TOTAL 4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL			311.411,77 €
		CAPÍTULO 5 AIRE COMPRIMIDO			
K1	Ud	COMPRESOR DE AIRE	10,00	2.568,90	25.689,00 €
		Compresores Kaeser Serie: SX3-ASK. Potencia motor: 2,2 kW. Caudal unitario: 52,44 Nm3/h. Presión impulsión: 8,5 bar 2 Secadores de absorción. 2 Prefiltros 2 Post-filtros			
K2	Ud	TUBERÍA	1,00	39.450,00	39.450,00 €
		Resto de elementos de la instalación de aire comprimido, compuesto de manómetros, electrovalvulas, termómetros, y todos los elementos para el correcto funcionamiento, incluyendo las conducciones de aire.			

		TOTAL CAPÍTULO 5 AIRE COMPRIMIDO.....			65.139,00 €
		CAPÍTULO 6 GESTIÓN DE RESIDUOS			
M1	m3	TRATAMIENTO DE RESIDUOS Clasificación y transporte de los residuos generados en las obras para su posterior tratamiento por un gestor autorizado.	63.912,00	0,89	56.881,68 €
M2	Ud	GESTOR AUTORIZADO Entrega de los residuos generados a un gestor autorizado.	15.978,00	7,71	123.190,38 €
M3	Ud	PARTIDA ALZADA Partida alzada para alcanzar el 1,5% de gestión de residuos de acuerdo a la documentación de proyecto.	1,00	44.006,0 3	44.006,03 €
		TOTAL CAPÍTULO 7 GESTIÓN DE RESIDUOS.....			224.078,09 €
		CAPÍTULO 8 SEGURIDAD Y SALUD			
M3	Ud	PARTIDA ALZADA Partida alzada para alcanzar el 0,5% de las medidas de Seguridad y Salud de acuerdo a la documentación de proyecto.	1,00	149.385, 9	149.385,39
		TOTAL CAPÍTULO 8 SEGURIDAD Y SALUD.....			149.385,39 €

2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

TOTAL CAPITULO 1	6.689.861,91 €
TOTAL CAPÍTULO 2 EQUIPOS MECÁNICOS	5.725.444,80 €
TOTAL CAPÍTULO 3 INSTALACIONES	2.146.681,87 €
TOTAL 4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	311.411,77 €
TOTAL CAPÍTULO 5 AIRE COMPRIMIDO.....	65.139,00 €
TOTAL CAPÍTULO 7 GESTIÓN DE RESIDUOS.....	224.078,09 €
TOTAL CAPÍTULO 8 SEGURIDAD Y SALUD.....	149.385,39 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	15.312.002,84 €
GASTOS GENERALES 13%	1.990.560,37 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	918.720,17 €
PRESUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	18.221.283,38 €
IVA 21%	3.826.469,51 €
PRESUP. DE EJECUCIÓN POR CONTRATA + IVA	22.047.752,89 €

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA MÁS IVA ASCIENDE A LA CANTIDAD DE VEINTIDOS MILLONES CUARENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.