



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

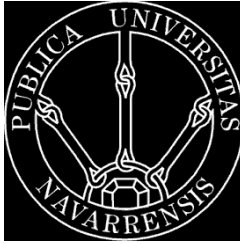
Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. OBJETIVO DEL PROYECTO | 1 |
| 2. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN..... | 1 |
| 3. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA..... | 1 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN | 1 |
| 5. DESALACIÓN DE AGUAS | 1 |
| 5.1 LA DESALACIÓN EN CANARIAS | 1 |
| 5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESALACIÓN. OSMOSIS INVERSA..... | 2 |
| 5.2.1 MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA..... | 4 |
| 5.2.1.1 MEMBRANAS SEGÚN SU ESTRUCTURA..... | 5 |
| 5.2.1.2 MEMBRANAS SEGÚN SU MATERIAL DE FABRICACIÓN | 6 |
| 5.2.1.3 MEMBRANAS SEGÚN LA PRESIÓN DE TRABAJO..... | 8 |
| 5.2.1.4 MEMBRANAS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN..... | 8 |
| 5.2.2 MÓDULOS DE OSMOSIS INVERSA | 10 |
| 5.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE OSMOSIS INVERSA | 11 |
| 5.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE MAR | 15 |
| 5.2.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | 15 |
| 5.2.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS..... | 16 |
| 5.2.4.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS..... | 17 |
| 5.2.5 CONFIGURACIÓN DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA..... | 17 |
| 6. ENERGIAS RENOVABLES PARA LA DESALACIÓN DE AGUAS | 18 |
| 7. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 18 |
| 7.1 INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| 7.2 RADIACIÓN SOLAR..... | 19 |
| 7.3 LA CÉLULA FOTOVOLTAICA | 23 |
| 7.3.1 EFECTO FOTOVOLTAICO..... | 24 |
| 7.3.2 FABRICACIÓN DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS | 25 |
| 7.4 GENERADOR FOTOVOLTAICO..... | 26 |
| 7.4.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO | 26 |
| 7.4.1.1 ELEMENTOS DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO..... | 27 |
| 7.4.1.2 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | 28 |
| 7.4.1.3 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS | 31 |
| 7.4.2 CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO | 32 |
| 7.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... | 36 |
| 7.5.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED | 36 |
| 7.5.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS DE LA RED..... | 37 |
| 8. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DESALADORA Y BOMBEO FOTOVOLTAICOS | 39 |
| 8.1 INTRODUCCIÓN..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 8.2 SISTEMAS DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DE CAPTACIÓN | 40 |
| 8.2.1 BOMBAS DE CAPTACIÓN..... | 40 |
| 8.2.2 CAPTACIÓN DEL AGUA DE MAR | 41 |
| 8.2.3 INVERSOR DC/AC | 42 |
| 8.2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS | 43 |
| 8.2.5 GENERADOR FOTOVOLTAICO | 45 |
| 8.2.5.1 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN | 45 |
| 8.2.5.2 CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO | 48 |
| 8.3 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA SALADA | 48 |
| 8.4 PRETRATAMIENTOS..... | 49 |
| 8.4.1 PRETRATAMIENTOS FÍSICOS | 49 |
| 8.4.1.1 FILTRACIÓN GROSERA: FILTROS DE ARENA | 49 |
| 8.4.1.2 FILTRACIÓN DE AFINO: FILTROS DE CARTUCHO | 51 |
| 8.4.2 PRETRATAMIENTOS QUÍMICOS..... | 54 |
| 8.4.2.1 DOSIFICACIÓN DE ANTIINCRUSTANTE | 54 |
| 8.4.2.2 DOSIFICACIÓN DE REDUCTOR | 55 |
| 8.5 SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DE ALTA PRESIÓN | 55 |
| 8.5.1 BOMBA DE ALTA PRESIÓN | 55 |
| 8.5.2 INVERSOR DC/AC | 56 |
| 8.5.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS..... | 57 |
| 8.5.4 GENERADOR FOTOVOLTAICO | 57 |
| 8.6 UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA | 58 |
| 8.6.1 BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA..... | 58 |
| 8.7 POSTRATAMIENTO | 59 |
| 8.7.1 POST-CLORACIÓN | 59 |
| 8.8 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PRODUCTO..... | 60 |
| 8.9 VERTIDO CONTROLADO AL MAR..... | 60 |
| 8.10 INSTALACIÓN HIDRÁULICA | 61 |
| 8.11 INSTRUMENTACIÓN..... | 63 |
| 8.12 CABLES DE CONEXIONADO | 66 |
| 8.13 PROTECCIONES | 68 |
| 8.14 ESTRUCTURA SOPORTE Y ANCLAJE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS | 69 |
| 9. CATALOGOS, GRÁFICAS Y TABLAS..... | 78 |
| 10. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN | 83 |

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es el diseño de una instalación desaladora de agua de mar mediante la aplicación de la tecnología de ósmosis inversa y abastecida con energía solar fotovoltaica. Así mismo, se realizará el diseño y cálculo de los sistemas y equipos instalados en la misma para su correcto funcionamiento y abastecimiento a la población.

2. LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación desaladora objeto del presente proyecto se localiza en la Isla Canaria de Lanzarote (España), concretamente en el Término Municipal de Haria, al noreste de la isla.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

La planta de la parcela mira en dirección sur-este hacia la población de Punta Mujeres bañada por el Océano Atlántico.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Por el cual se redacta éste proyecto a fin de diseñar una instalación desaladora de agua marina mediante el método de ósmosis inversa y autoabastecida con energía solar fotovoltaica.

5. DESALACIÓN DE AGUAS

5.1 LA DESALACIÓN EN CANARIAS

Para la sociedad canaria, el agua se ha convertido desde hace décadas en un recurso limitado de primera necesidad. Su escasez condiciona en gran medida el desarrollo social y económico y podría afectar las condiciones higiénico-sanitarias de la población si no se toman medidas correctoras.

El aumento de nivel y calidad de vida en Canarias, junto con las consecuencias de la sobreexplotación, escasez y empeoramiento de la calidad del agua obligan al uso de las aguas de procedencia no natural, en mayor o menor medida, en todo el archipiélago.

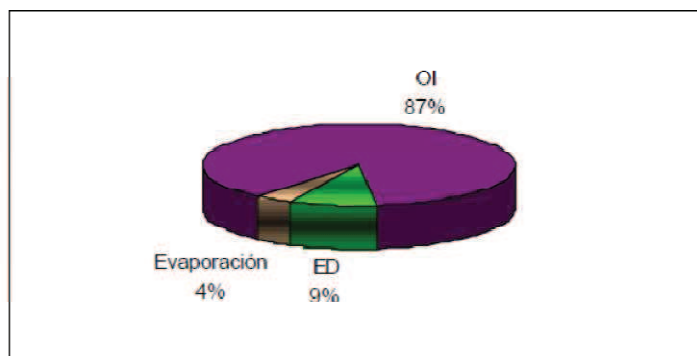
En el caso del archipiélago canario, el problema de la escasez de agua está referido a los limitados recursos de agua para cumplir con la actual y/o proyectada demanda en localizaciones específicas, debido a que los suministros de agua disponible están limitados en cantidad o calidad.

Las alternativas actuales son las aguas desaladas para consumo urbano, turístico e industrial.

Las islas Canarias han recurrido a la desalación para obtener la mayor parte del agua que demanda principalmente la industria turística.

Los escasos recursos acuíferos de las islas están llegando a límites preocupantes, ello ha supuesto que islas prácticamente desérticas como Lanzarote se abastezcan sólo con agua desalada.

El resultado de todo ello es que en las Canarias, un millón de personas se abastecen de las 280 plantas desaladoras existentes, con una capacidad de 350.000 m³/día, 100 de ellas asociadas directamente al abastecimiento de hoteles y apartamentos. El 92 % de las plantas son de inversión privada, aunque las de naturaleza pública producen el 60% del agua desalada. En cuanto a las tecnologías utilizadas, el 87% de las plantas son de OI, el 9% de ED y el 4% de evaporación.



Gráfica 1: Distribución porcentual por número de plantas de los métodos de desalación radicados en Canarias.

Fuente: Hernandez (2.000)

Otro punto interesante a considerar de las Islas Canarias es el consumo energético derivado de la desalación en unas islas sin conexión de red eléctrica entre ellas ni con el continente, deben ser autosuficientes

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESALACIÓN. OSMOSIS INVERSA.

Las tecnologías de desalación consisten en reducir el contenido salino de las aguas para convertirlas en aguas factibles de ser consumidas por el ser humano. Su fuente es inagotable si hablamos de desalación de agua marina.

El método de Osmosis Inversa se fundamenta por existir dos soluciones de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable (que permite el paso del agua pero no el de las sales). Existe una circulación natural de la solución menos concentrada a la solución más concentrada para igualar las concentraciones finales (Osmosis), con lo que la diferencia de altura entre ambas concentraciones se traduce en una diferencia de presión, llamada osmótica. Si se le aplica una presión externa que sea mayor a la Presión Osmótica de una disolución respecto a la otra, el proceso se puede invertir haciendo circular agua de la solución más concentrada a la solución menos concentrada obteniendo agua de gran pureza (Osmosis Inversa).

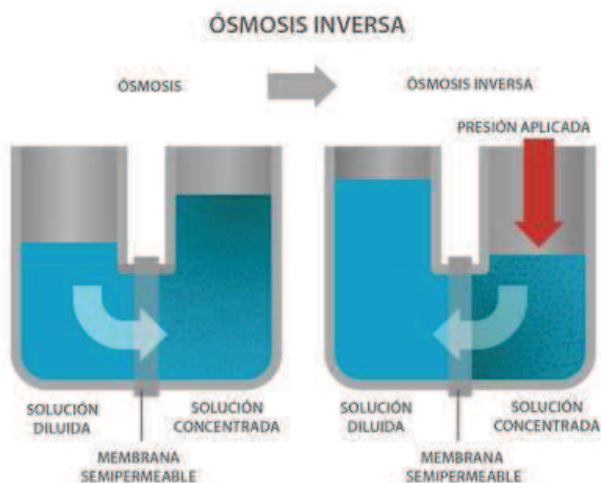


Figura 1: Esquema del fenómeno de Osmosis Inversa.

Fuente: www.lozar.net

Se tienen dos recipientes separados por una membrana semipermeable (ver figura 2). El recipiente *A* contiene un fluido con poca concentración de sales, y el recipiente *B* contiene un fluido con una alta concentración de sales. La ósmosis hace que el agua pase del recipiente *A* al recipiente *B*, intentando igualar la concentración de sales en los dos recipientes. El trasvase de agua parará cuando la presión del agua en dos puntos situados en la misma altura, a un lado y a otro de la membrana haya una diferencia de presión suficiente como para que las fuerzas electroquímicas del proceso de ósmosis se contrarresten con esta presión. De esta manera se quedará en equilibrio a un lado y a otro de la membrana los dos fluidos. La diferencia de presión que existe entre los dos recipientes debido a que el recipiente *B* tiene más cantidad de agua que el recipiente *A*, se llama Presión Osmótica.

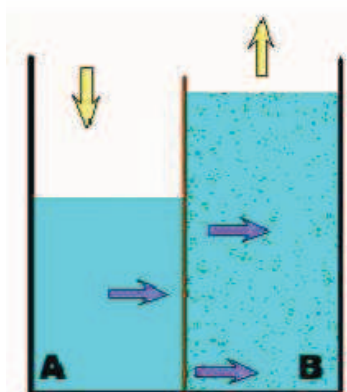


Figura 2: Esquema del fenómeno de Osmosis.

Fuente: www.artropica.com

La desalación por **ósmosis inversa** (ver figura 3) se aprovecha de este fenómeno para realizar el proceso inverso, y conseguir agua con una baja concentración de sales a partir de un agua con alta concentración. Para conseguir invertir el proceso es necesario invertir energía. La idea es suministrar al recipiente *B* una presión superior a la Presión Osmótica. Esta presión provocará que el agua fluya en sentido contrario, es decir del recipiente *B* al recipiente *A*, la membrana semipermeable no dejará pasar apenas sales.

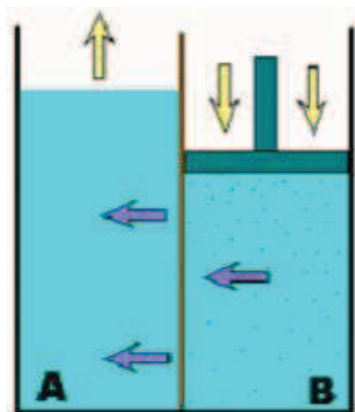


Figura 3: Esquema del proceso de Osmosis Inversa.

Fuente: www.artropica.com

De este modo se consigue un agua en el recipiente *A* con una concentración en sales muy baja. Éste agua obtenida será apta para el consumo humano después de un tratamiento químico.

El elemento diferenciador de la ósmosis inversa es la membrana, la cual debe reunir una serie de características:

- Debe ser capaz de resistir las presiones a que se va a someter la solución para invertir el proceso.
- Suficientemente permeable al agua para que el flujo que proporciona sea elevado.
- Rechazar un porcentaje de sales elevado para que el producto sea de buena calidad.

5.2.1. MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA

Las membranas que mayor aplicación tiene en el proceso de Osmosis Inversa son las membranas sintéticas.

Las membranas sintéticas se clasifican de acuerdo a lo expuesto en la **Tabla 3** siguiente:

| ATENDIDO A | TIPO |
|-------------|----------------------------------|
| ESPESOR | Gruesas |
| | Delgadas |
| ESTRUCTURA | Porosas Simétricas |
| | Densas Asimétricas |
| COMPOSICIÓN | Homogéneas |
| | Heterogéneas |
| CARGA | Intercambiadoras de aniones (+) |
| | Intercambiadores de cationes (-) |
| | |

Tabla 1: Clasificación membranas sintéticas.

Fuente: Desalación de aguas salobres y de mar, Jose Antonio Medina San Juan.

Las membranas gruesas tienen un espesor macroscópico, mientras que las delgadas pueden llegar a tener espesores comparables a las dimensiones moleculares.

En cuanto a su estructura, las membranas pueden ser porosas y densas. Las membranas porosas consisten en una matriz sólida con agujeros definidos o poros. Representan la forma más simple de membrana, en lo que respecta a las propiedades de transporte y modo de separación, que se efectúa estrictamente por tamización de los poros en relación al tamaño de las partículas.

En las membranas densas el permeante debe pasar a través de la materia que constituye la membrana propiamente dicha, por lo que se produce una separación a nivel molecular entre las especies disueltas y las partículas del disolvente. Se les llama también membranas semipermeables y son las utilizadas en los procesos de desalinización por ósmosis inversa.

Desde el punto de vista estructural, las membranas pueden catalogarse como simétricas o asimétricas. Las primeras exhiben las mismas características físico-químicas en cualquier parte de ellas. Las membranas asimétricas se emplean fundamentalmente en procesos que involucran gradientes de presión elevados, y su estructura consiste en una capa polimérica muy delgada, situada sobre una capa gruesa altamente porosa, que actúa exclusivamente como soporte.

Una membrana se dice homogénea, cuando toda ella participa en el proceso de permeado de una sustancia, mientras que se cataloga como heterogénea, cuando el componente activo que propicia el proceso de transporte está anclado sobre un soporte adecuado para membranas sólidas, o disuelto en una fase líquida, que puede presentarse como tal, o estar embebida en una matriz polimérica.

En cuanto a las membranas intercambiadoras o selectivas que poseen carga positiva actúan como intercambiadoras de aniones, pues contienen grupos catiónicos fijos en su matriz, que ligan a los aniones de los fluidos en contacto con ella. Por el contrario, si los grupos cargados fijo en la membrana son de tipo aniónico, la membrana actúa como intercambiadora de cationes. Así pues, los procesos de separación con este tipo de membranas se basan en la exclusión de los iones cuya carga es del mismo signo que la carga de la membrana.

5.2.1.1. MEMBRANAS SEGÚN SU ESTRUCTURA

De los distintos tipos de membrana citados en dicho apartado, las membranas asimétricas son la más utilizadas en los procesos de ósmosis inversa. La estructura de estas membranas comprende una fina capa de polímero o capa activa, soportada por una subcapa de mayor porosidad.

Se han desarrollado dos tipos diferentes de estructuras:

- **Asimétricas integrales**, elaboradas por el proceso de inversión de fase, para dar lugar a una capa ultrafina (0,1 a 1 μm) como parte integral de la membrana.

- **Asimétricas compuestas**, obtenida por polimerización interfacial o por inversión de fase, que genera una película extremadamente fina ($\approx 2000\text{\AA}$) sobre una estructura microporosa de material diferente.

En la **Figura 4** puede verse los tipos estructurales de las membranas asimétricas.

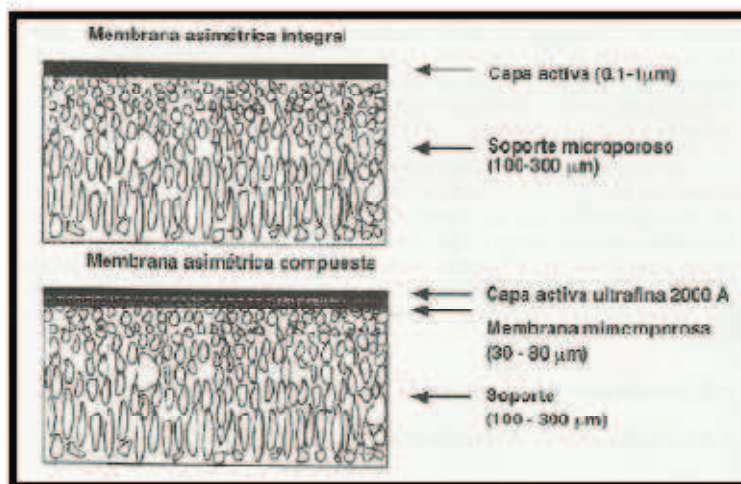


Figura 4: Tipos estructurales de las membranas asimétricas.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

5.2.1.2. MEMBRANAS SEGÚN SU MATERIAL DE FABRICACIÓN

La función o el comportamiento de una membrana asimétrica depende, en gran medida de su estructura física, como de la naturaleza química del material a partir del cual ha sido elaborada.

En la **Tabla 2** se muestra la clasificación de los materiales más frecuentemente empleados en la fabricación de membranas en general.

| Productos Naturales Modificados | Productos sintéticos | Otros |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|
| Acetato de celulosa | Poliamidas (poliamida aromática, copoliamida, poliamida hidracida, aril-alquil poliamida poliurea) | Complejos polielectrolíticos |
| Diacetato / Tricetato de Celulosa | Polibenzimidazol | Acido poliacrílico |
| Acetobutirato de Celulosa | Polisulfona | Vidrio poroso |
| Nitrato de Celulosa | Polímeros de vinilo | Carbono |
| Celulosa regenerada | Pelifurano | Aceites |
| | Policarbonato | Oxido de grafito |
| | Polietileno | Al ₂ O ₃ |

| |
|-----------------------------------|
| PVA |
| PAN |
| Sulfona-polieter |
| Poliiolefinas |
| Polihidantoina |
| Poliureas cíclicas |
| Polímeros comerciales (nylon,etc) |
| Alcohol polivinílico |
| Poliacronitrilo |
| Poliacronitrilo |
| Mezclas de polímeros |

Tabla 2: Clasificación de materiales en la fabricación de membranas.

Fuente: Desalación de aguas, IEA

Específicamente, los materiales que componen la estructura selectiva de las membranas utilizadas en procesos de separación en fase líquida, como la ósmosis inversa, incluyen polímeros altamente ordenados, como el acetato de celulosa (AC) y los derivados de poliamidas aromáticas (PA).

- Membranas de acetatos de celulosa (AC)

Las membranas actuales de AC están hechas de una mezcla de diacetato y triacetato de celulosa. Se forman por la unión íntima de una capa fina o capa activa, de un polímero de AC en una disolución de acetona, con determinados aditivos, sobre una base de poliéster no entretelado. Tras el proceso de unión de las dos capas, la membrana se calienta en un baño de agua a una temperatura entre 60 y 90°C. El calentamiento es el proceso que mejora la permselectividad de la membrana y si bien provoca un descenso del transporte de agua, el descenso del paso de sales es mucho más significativo. Después del proceso de fabricación, se obtiene una membrana asimétrica en su estructura, con una capa superficial densa de entre 0,1 y 0,2 μm , que es la responsable del rechazo de sales. El resto de la membrana es una capa esponjosa y porosa con alta permeabilidad.

El rechazo de sales y el flujo de agua característicos de una membrana de celulosa se establece en el proceso de fabricación, mediante control de la temperatura y la duración del proceso de calentamiento.

- Membranas compuestas de poliamida aromática (PA)

Las membranas compuestas de poliamida se fabrican en dos etapas. En la primera, la capa soporte de polisulfona se une a una capa esponjosa de poliéster no entretelado. La capa de polisulfona es muy porosa y no es permselectiva. En otra etapa de fabricación, una fina película semipermeable se monta sobre un sustrato de polisulfona, mediante polimerización interfacial de monómeros que contienen grupos funcionales de cloruros, con grupos amino y ácidos carboxílicos.

Este proceso de fabricación permite optimizar, independientemente, las propiedades de la capa soporte por un lado y por otro, las de la capa activa de rechazo de sales. El resultado es que las membranas compuestas presentan unas características de altos flujos de agua y de bajo paso de sales, mejorando sustancialmente a las de acetato de celulosa.

5.2.1.3. MEMBRANAS SEGÚN LA PRESIÓN DE TRABAJO

El parámetro fundamental que define las condiciones de operación de una instalación de ósmosis inversa es la presión de trabajo. Esta presión debe ser varias veces superior a la presión osmótica de la solución, debido a los fenómenos de polarización de la membrana y al aumento de la concentración que se produce a medida que se va generando permeado.

Las membranas de ósmosis inversa disponibles son:

- **Membranas de muy baja presión**

Son las que trabaja con presiones comprendidas entre 5-10 bares. Se utilizan para desalar aguas de baja salinidad (entre 500-1500 mg/l) y fabricar agua ultra pura.

- **Membranas de baja presión**

Estas membranas trabajan a una presión entre 10-20 bares. Se utilizan para desalar aguas de salinidad media (entre 1500-4000 mg/l), así como reducir o eliminar de ella ciertos compuestos como nitratos, sustancias orgánicas.

- **Membranas de media presión**

La presión de trabajo de estas membranas es entre 20-40 bares. Estas fueron las primeras membranas que se comercializaron. Se han utilizado para desalar aguas de elevada salinidad (entre 4000-10000 mg/l) y en la actualidad sus aplicaciones se han generalizado utilizándose en múltiples procesos de separación y concentración.

- **Membranas de alta presión**

Estas membranas se han utilizado para obtener agua potable a partir del agua de mar. Su presión de trabajo está comprendida entre 50-80 bares debido a la presión osmótica del agua de mar.

5.2.1.4. MEMBRANAS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN

Actualmente, las membranas que se comercializan, dependiendo de la configuración son las siguientes:

- Membrana plana
- Membrana tubular
- Membrana de fibra hueca
- Membrana con arrollamiento en espiral

- **Membranas planas**

Es el tipo más sencillo y el que primero que se utilizó. Están constituidas por una lámina que se coloca dentro de un marco, circular o rectangular, que actúa de soporte de la membrana y le confiere rigidez y resistencia. La superficie de estas membranas es

pequeña, por lo que para aumentar la producción de los equipos que disponen de estas membranas, se colocan unas encima de otras, constituyendo una especie de columnas de membranas. El principal inconveniente de este tipo de membranas es su pequeña capacidad productiva, por lo que para utilizarlas en instalaciones de tamaño medio se requieren numerosas membranas colocadas en pilas, que resultan voluminosas, pesadas e incómodas para operar y que encarecen enormemente su coste.

- Membranas tubulares

Representan una alternativa a las anteriores, buscando conseguir una mayor superficie unitaria. La membrana, generalmente de $\frac{1}{2}$ '' de diámetro, va alojada en el interior de un tubo de PVC, que soporta la presión del proceso. En algunos casos se colocan varias membranas en el interior de un tubo de 1,5 a 2'' de diámetro. El tubo va provisto de los orificios necesarios para entrada y salida de los flujos de agua que intervienen en el proceso. El agua alimenta a la membrana por su interior y el permeado se obtiene por la parte exterior de la misma. En la actualidad sus aplicaciones se limitan al campo industrial.

- Membranas de fibra hueca

Las fibras huecas son de estructura asimétrica y tan fina como un cabello humano. Son cilindros de 80 μm de diámetro exterior y 40 μm de diámetro interior, que resisten por sí mismas, sin soportes, presiones elevadas. La superficie de intercambio por unidad de volumen es muy grande, dando lugar a módulos extremadamente compactos.

Las fibras huecas forman un haz dispuesto en forma de "U" cuyos extremos se insertan en un disco-soporte de resina epoxi, dentro de un tubo de presión de poliéster reforzado con fibra de vidrio (puede verse en la **Figura 5**).

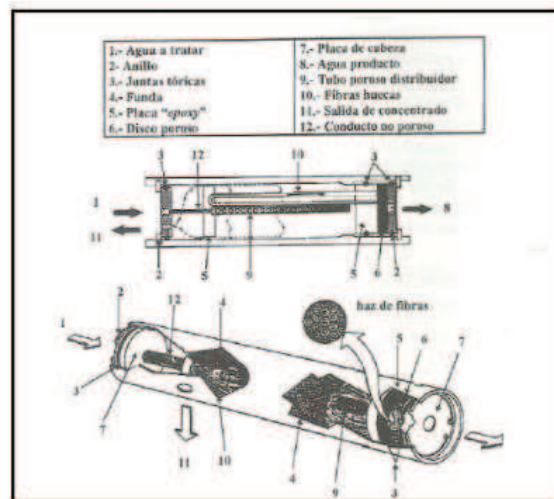


Figura 5: Imagen membrana de fibra hueca.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

- Membranas de arrollamiento en espiral.

Las membranas de arrollamiento en espiral son las más utilizadas en los procesos de ósmosis inversa por ser las más económicas y compactas. Están formadas por láminas

rectangulares de membranas semipermeables, alternadas con otras capas que permiten la conducción del fluido dentro de ella. Desde fuera se puede ver como una caja negra con un canal de entrada y dos canales de salida. Al canal de entrada le llamaremos alimentación, y será por donde entra el agua que se quiere desalar. Por uno de los canales de salida saldrá el agua ya desalada. Será el canal de permeado. Y por último tenemos el canal de desecho, por donde saldrá el agua que no ha podido atravesar la membrana semipermeable (rechazo).

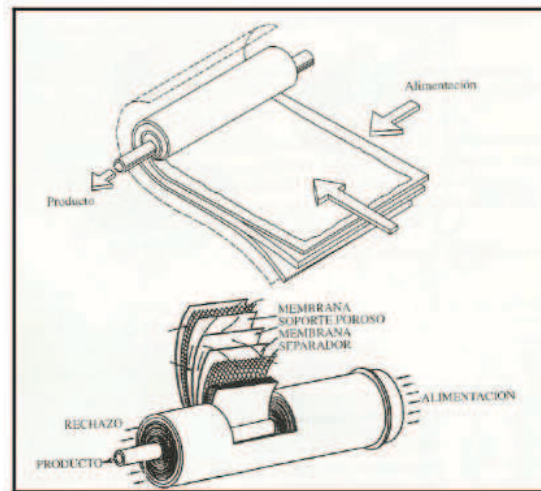


Figura 6: Imagen membrana de arrollamiento en espiral.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

5.2.2. MÓDULOS DE OSMOSIS INVERSA

Para utilizar industrialmente las membranas de ósmosis inversa, de forma que puedan trabajar correctamente y puedan soportar las presiones de trabajo, deben ubicarse en el interior de recipientes o contenedores denominados módulos, que por lo general adoptan formas cilíndricas.

Un módulo de membrana es la unidad básica en un dispositivo de filtración. Los módulos contienen las membranas con sus soportes, así como las conducciones necesarias para el flujo, y se sitúan en unos recipientes adecuados a las condiciones de operación. Se les debe exigir que garanticen el caudal requerido para la instalación, así como que sean lo más compactos posibles, es decir, que incluyan la mayor superficie de membrana por unidad de volumen de módulo, así como que tengan una buena compatibilidad con los fluidos a tratar. El recorrido de la alimentación-rechazo a través del módulo de membrana es axial, desde el extremo de entrada de alimentación hasta el extremo de salida del rechazo.

Estos módulos de membrana pueden fabricarse de diferentes materiales, aunque los más frecuentes son los de celulosa, y polímeros sintéticos, generalmente poliamida aromática.

Los tubos de presión tienen que estar fabricados en materiales capaces de soportar las presiones de trabajo y de resistir las agresiones de los agentes químicos utilizados. Los materiales de construcción empleados suelen ser poliéster reforzado con fibra de vidrio o acero inoxidable para presiones elevadas.

A continuación en la **Figura 7** se muestra la disposición de las membranas dentro de un tubo de presión.

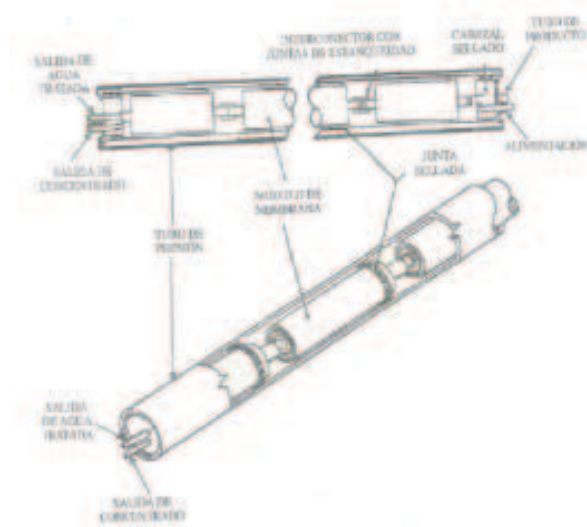


Figura 7: Disposición de las membranas en el interior del tubo de presión.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

5.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PRAMETROS DE OPERACIÓN DE LA INSTALACION DE ÓSMOSIS INVERSA

Para realizar el diseño de la instalación de ósmosis inversa, hay que especificar los parámetros operativos que permitan definir un sistema efectivo para la consecución de los objetivos perseguidos.

En la mayoría de los casos en los que se desala agua marina se tiene la consideración de efectividad, la cual se traslada a un diseño que produzca la cantidad y calidad de agua producto deseada, con el mayor recobro posible.

Los principales parámetros de diseño son los siguientes:

- Rendimiento de la instalación
- Caudal de agua producto
- Paso de sales
- **Rendimiento (1)**

El rendimiento de la instalación (η), es el cociente entre el caudal de agua producto Q_P obtenido a partir de un determinado caudal de agua tratar Q_A

$$\eta (\%) = Q_P / Q_A$$

El rendimiento constituye en la práctica un parámetro de diseño con una fuerte incidencia en los aspectos económicos relacionados con la construcción y la operación de las plantas de ósmosis inversa.

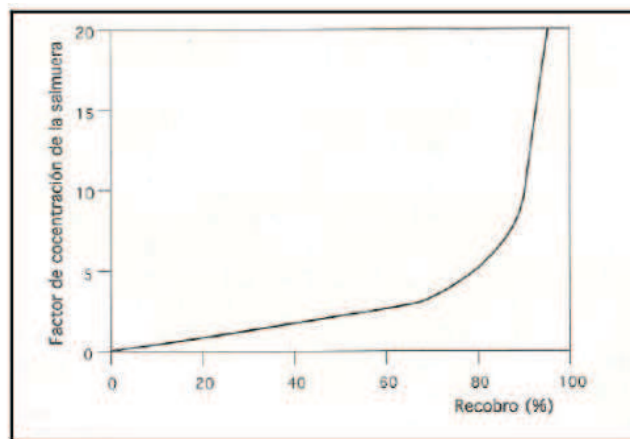
Al marcar un rendimiento en el diseño, se están especificando aspectos tales como la cantidad de agua de alimentación por unidad de agua producida, el tipo y magnitud del pre-tratamiento y el consumo de energía y de reactivos químicos. Además, también influye en la salinidad del producto, en la presión de operación y en la concentración de sales de la salmuera.

El valor máximo del rendimiento está limitado por algunos factores, siendo entre ellos el más importante la presión osmótica de la salmuera, la cual está directamente relacionada con su contenido total en sólidos disueltos (STD).

La presión efectiva de operación de una instalación de ósmosis inversa se define como la presión suministrada por la bomba de alta presión a la alimentación menos la presión osmótica del flujo alimentación-salmuera.

Un alto valor del rendimiento implica una elevada concentración de sales disueltas en la salmuera, con el consiguiente incremento en su presión osmótica, lo que provoca una disminución de la presión efectiva y por tanto, de la productividad de la instalación, entendida ésta como caudal de permeado.

En la **Gráfica 2** se muestra el factor de concentración en la salmuera en función del rendimiento.



Gráfica 2: Factor de concentración en la salmuera en función del rendimiento.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

- Caudal de agua producto

El caudal de agua producto a través de una membrana semipermeable ideal viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_p = K \cdot \Delta P^*$$

K: constante característica de cada tipo de membrana.

ΔP^* : es la diferencia de presión neta a través de la membrana.

El flujo de volumen (J_v) a través de una membrana, definido como volumen de agua desalada producida por unidad de superficie de membrana instalada y unidad de tiempo, se suele referir a un día de operación y expresarse en m^3/m^2 .

El flujo de volumen es una función del tipo de membrana utilizada y del origen y características del agua a tratar. Esto permite calcular la superficie de membrana a instalar para obtener un determinado caudal de agua producto diario y dividiendo esta superficie global por la superficie de filtración de la membrana específica que se desea instalar, se obtiene el número de membranas idóneo, siempre y cuando se opere en condiciones similares a las condiciones normalizadas de los caudales específicos de dichas membranas.

Para conocer la productividad real de una instalación de OI, se han de realizar unas correcciones que tengan en cuenta las variaciones de los factores que influyen en los caudales específico con respecto a las condiciones normalizadas. De este modo, se han de considerar tres factores de corrección relacionados con la presión de operación, la temperatura del agua de alimentación y el tiempo de operación de la instalación. Todo esto puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$Q_p = f_p \cdot f_T \cdot f_t \cdot Q_{p,0}$$

Q_p es el caudal producto de la instalación de OI en las condiciones reales de trabajo.

$Q_{p,0}$ es el caudal producto de la planta en las condiciones normalizadas.

f_p es el factor de corrección de la productividad asociado a la presión.

f_T es el factor de corrección debido a la temperatura.

f_t es el factor de disminución del caudal específico de las membranas como consecuencia del tiempo de operación.

A continuación se detallan estos tres factores de corrección, lo cuales influyen de forma directa en la productividad de una instalación de OI.

- Factor corrector de la temperatura

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

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

$Q_{p(\theta)}$: caudal de producción de la instalación a la temperatura Celsius θ .

$Q_{p(25)}$: caudal de producción de la instalación a 25°C .

A: constante característica de cada tipo de membrana, generalmente con un valor próximo a la unidad.

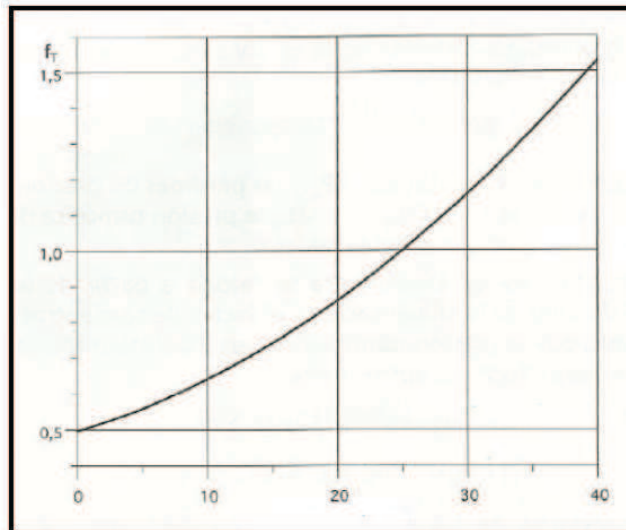
T: temperatura en grados Kelvin.

K_T: constante dependiente del tipo de membrana (varía entre 2.100 y 2.800).

La temperatura es un factor muy importante a tener en cuenta en los procesos de OI, ya que afecta a la productividad de las membranas, a su degradación físico-química, así como a la solubilidad de determinadas sales y a determinadas propiedades físicas del agua, tal como la viscosidad.

En la práctica, la influencia de la temperatura sobre la productividad varía aproximadamente en torno a un 2-3%, por cada grado de aumento o disminución de la temperatura con relación a 25°C.

Cuanto mayor sea la temperatura del agua de alimentación mayor productividad se obtendrá, lo que permite poder emplear un menor número de membranas o trabajar a menores presiones. Por el contrario, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la velocidad de degradación de las membranas y, por tanto, menor será su vida media productiva. A continuación en la **Gráfica 3** se puede ver la variación del coeficiente corrector por temperatura en función de la temperatura del agua de alimentación.



Gráfica 3: Variación del coeficiente corrector por temperatura de la productividad de un módulo en función de la temperatura del agua de alimentación.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

- Factor corrector de la presión

El factor de corrección por presión (f_p) es función de la presión de operación de la planta de OI, corregida con el efecto de pérdida de carga de la siguiente forma:

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

P_F : presión de alimentación.

ΔP_m : pérdida de presión en los módulos.

P_p : presión del agua producto.

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

- Factor corrector del tiempo de operación

La variación de f_t y por consiguiente del caudal de producción de una instalación de ósmosis inversa, viene definido por el fabricante de la membrana instalada en la unidad. De forma general se tiene unos valores aproximados de descenso de caudales en función del tipo de agua a tratar (pueden verse en la **Tabla 5** que se muestra a continuación).

| Tipo de Agua de Alimentación | Porcentaje de descenso de caudales (para tres años) |
|------------------------------|---|
| Agua superficial | de 3,5 a 5,0 |
| Agua subterránea | de 2,0 a 3,5 |
| Agua osmotizada | de 1,0 a 2,0 |

Tabla 3: Valores del factor de operación en función del agua a tratar.

Fuente: Desalación de aguas, IEA.

- Paso de sales

El paso de sales (SP) se define como el cociente entre la concentración de sales de permeado (C_P) con respecto a la concentración de sales en la alimentación (C_F):

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

Este parámetro viene reflejado en los cuadros de características técnicas de las membranas. El incremento del paso de sales en una membrana de ósmosis inversa con el tiempo de operación, es un reflejo del fenómeno de degradación de la membrana, debido a la exposición de las membranas a compuestos químicos agresivos durante los procesos de limpieza.

5.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE MAR

5.2.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- **Sólidos en suspensión:**

Los sólidos en suspensión (SS) es la materia en suspensión que está presente en el agua. Según su origen, se habla de agua dulce, agua de río o baja concentración, agua salobre, agua marina, salmuera y agua residual en función de su contenido en sales. En la **Tabla 1** se muestra la clasificación de las aguas según la International Desalination Association (IDA):

| Tipos de aguas | STD (mg/L) |
|----------------------------------|------------------|
| Agua pura | STD < 500mg/L |
| Agua de río o baja concentración | 500 < STD < 1500 |

| | |
|---------------|--|
| Agua salobre | 1500 < STD < 20000 |
| Agua marina | 20000 < STD < 50000 |
| Salmuera | STD > 50000 |
| Agua residual | Agua de núcleos urbanos o industriales |

Tabla 4: Clasificación de las aguas.**Fuente:** IDA.

- **Temperatura:**

En nuestras latitudes las temperaturas medias del agua del mar varían entre 18 y 24°C entre el invierno y verano.

5.2.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

- **Conductividad eléctrica o salinidad:**

Este parámetro indica, de forma indirecta y aproximada, el contenido de sales disueltas en el agua. La medida de la conductividad eléctrica se basa en el principio de que el flujo de corriente eléctrica que se transmite a través de una disolución, bajo determinadas condiciones, varía con la concentración de sales presentes en la misma.

- **PH:**

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno del agua y es consecuencia de las sales que lleva en solución. Su valor es un índice indicativo de las características del agua. Su valor, medido a 20 °C presenta un valor de pH 7,7, se dice que si es superior a 7 es básica o incrustante, es decir en un medio alcalino (pH alto) favorece las incrustaciones o precipitaciones de sales sobre las superficies de una instalación. Por el contrario, un pH bajo (ácido) favorece la corrosión.

- **Composición química del agua:**

En la **tabla 5** se muestra la comparativa entre la composición del agua de mar estándar y la del agua del Océano Atlántico en la isla de Lanzarote.

| Parámetros | Agua de mar estándar (mg/L) | Agua de océano atlántico, isla Lanzarote (mg/L) |
|-------------|-----------------------------|---|
| PH | | 7,7 |
| Sulfato | 2648 | 2525,8 |
| Cloruro | 18979 | 19880 |
| Bicarbonato | 139,7 | 152,5 |
| Bromuro | 646 | |
| Fluoruro | 1,3 | 0,74 |
| Calcio | 400,1 | 587 |
| Magnesio | 1272 | 1320 |
| Sodio | 10556 | 11201,2 |
| Potasio | 380 | 460 |

| | | |
|-------------------------|--------|----------|
| Estroncio | 13 | |
| Borato | 26 | 3,2 |
| Sílice | 0,02 | |
| Total sólidos disueltos | 34.483 | 36.138,4 |

Tabla 5: Calidades de agua de mar estándar e Isla de Lanzarote.

Fuente: Introducción a la desalación de aguas, José Miguel Veza; Telde, Gestión Integral de Servicio, S.A.

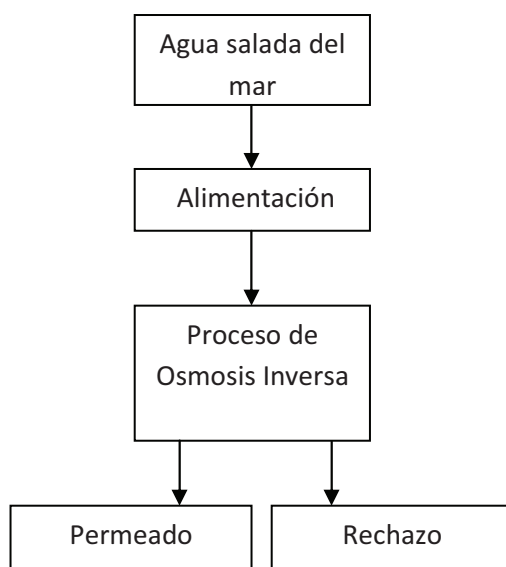
La primera tiene un contenido de sólidos disueltos (STD) aproximado de 34.500 mg/L, mientras que el agua del Océano Atlántico que baña la isla de Lanzarote tiene alrededor de 36.000 mg/L. Esto es debido a que las aguas de las zonas cálidas como Lanzarote, debido a la mayor evaporación desde el mar, presentan una salinidad ligeramente superior a la media.

5.2.4.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

El contenido microbiológico del agua de mar también merece atención, muy especialmente cuando se trabaja en una desaladora mediante procesos de membranas. Los microorganismos presentes en el agua bruta tienden a formar biopelículas sobre las superficies por las que van pasando, de forma que pueden llegar a formarse agregados de importancia. Esto trae consigo el fenómeno de ensuciamiento biológico que produce atascamientos y la consiguiente pérdida de carga en las instalaciones hidráulicas y en las membranas.

5.2.5 CONFIGURACIÓN DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

En el esquema se muestran los elementos principales que intervienen en proceso de ósmosis inversa.



Esquema 1: Elementos principales en el proceso de ósmosis inversa

6. ENERGIAS RENOVABLES PARA DESALACIÓN DE AGUAS

La utilización de energías renovables para desalación de aguas es un deseo que se ha puesto de manifiesto en numerosas ocasiones. Esto se debe por una parte al hecho de que en una misma zona geográfica suelen coincidir la escasez de agua y la abundancia de recursos energéticos renovables.

La desalación, al ser muy intensiva en energía, puede beneficiarse de energías consideradas gratuitas, como las renovables.

Las energías renovables requieren grandes superficies captadoras para obtener una determinada cantidad de energía útil. Estas demandas de recursos pueden ser en forma de terreno, o equipos con una superficie de captación.

Asimismo, la energía solar es variable en intensidad a lo largo del tiempo; así, la radiación solar tiene un ciclo diario, que en el mejor de los casos va desde cero hasta un máximo hacia las horas del mediodía, y ello siempre que el día sea claro. En días nublados la intensidad será muy baja.

El conjunto de estos factores se resume a continuación:

- Coincidencia en una misma zona geográfica de escasez de agua y existencia de recursos energéticos renovables.
- Las energías renovables no son gratuitas. Requieren considerables inversiones.
- Necesidad de grandes superficies captadoras.
- Variables en intensidad a lo largo del tiempo. Limitación de zonas con posibilidad de explotación continuada.
- Dificultades de acoplamiento para sistemas de desalación que operan en continuo y en régimen estacionario.

7. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

7.1. INTRODUCCIÓN.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se caracteriza por funcionar a base de paneles fotovoltaicos que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una corriente eléctrica. En ésta existe una conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula fotovoltaica”. Esta conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

La cantidad de energía solar que puede ser aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación, ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. En el caso particular de Lanzarote, los

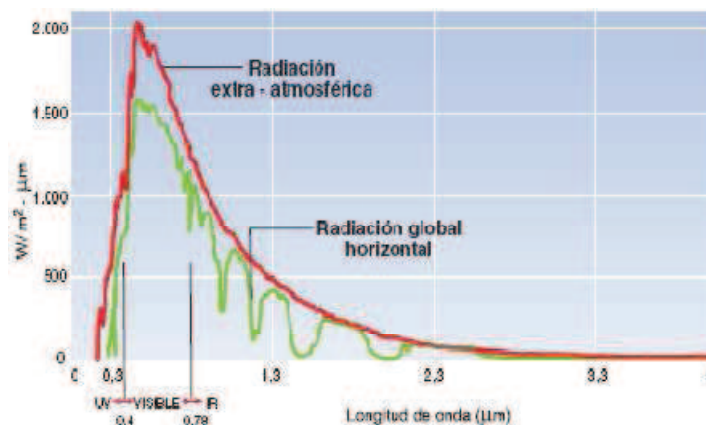
sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar.

La energía solar fotovoltaica presenta numerosas ventajas de las cuales podemos destacar:

- La energía que procede del sol es limpia y renovable, no cuesta dinero.
- No contamina: produce emisiones de CO₂ insignificantes y no emite otros gases contaminantes a la atmósfera.
- No consume combustibles ni se produce ninguna combustión.
- No genera residuos ni ruidos.
- Su instalación es relativamente simple.
- Impacto visual reducido (proporcionalmente a su aplicación).
- Requiere poco mantenimiento.
- Tienen una vida larga (los fabricantes señalan una vida promedio de 25 años).
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Instalación en zonas rurales: desarrollo tecnologías propias.
- El silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva.
- Se puede aplicar en lugares de bajo consumo energético, por ejemplo en casas ubicadas en sitios rurales donde no llega la red eléctrica general, o su transmisión es muy costosa.
- Tolerancia a aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

7.2. RADIACIÓN SOLAR

El Sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en forma de conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de 0,15 μm a 4 μm aproximadamente.

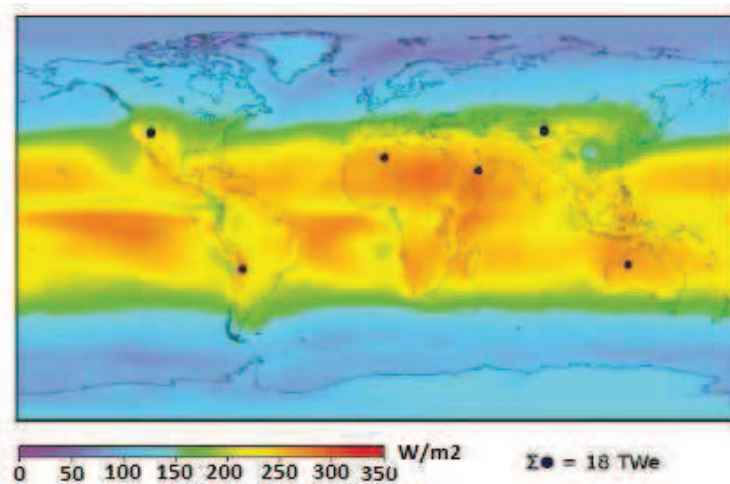


Gráfica 4: Espectro electromagnético de la radiación solar extra-atmosférica y en la superficie terrestre.

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado).

La radiación que atraviesa la superficie del sol tiene una potencia de alrededor de $60 MW/m^2$, llegando al tope de la atmósfera terrestre sólo algo más de $1,3 kW/m^2$; este valor es conocido como constante solar y se la define como la energía proveniente del sol que, por unidad de tiempo, es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación ubicada en el espacio a la distancia media sol-tierra.

Luego pasa por la atmósfera terrestre, donde es parcialmente absorbida y redistribuida, la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra con valores máximos que raramente superan $1 kW/m^2$ en días despejados.



Mapa 1: La radiación solar mundial.

Fuente: HORIKOSHI I., Tesis: Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red, Escuela Politécnica de Madrid 2009, pg 28.

- Efectos de la atmosfera sobre la radiación.

La radiación solar atraviesa la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre y se altera por el aire, la suciedad, el vapor de agua, los aerosoles en suspensión, y otros elementos de la atmósfera. Estas alteraciones son de diferentes tipos según la propiedad óptica que se pone de manifiesto:

- Reflexión: nubes.
- Absorción: ozono, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua. Sólo actúa sobre algunas longitudes de onda de la radiación.
- Difusión: polvo, aerosoles, gotas de agua.

Estos efectos varían dependiendo de la cantidad de atmósfera que la radiación solar ha de atravesar. Para especificar esta distancia se utiliza el concepto de masa de aire (AM) que es el espesor de la atmósfera terrestre que recorre la radiación solar directa expresado como múltiplo del camino que recorrería en una dirección perpendicular a la superficie terrestre. Cuando el Sol está en su posición más alta, en un día sin nubes, la masa de aire (AM) atravesada es mínima y vale 1 a nivel del mar. Se indica como AM 1. El valor AM 0 se utiliza para especificar las condiciones sobre una superficie normal al Sol fuera de la atmósfera terrestre.

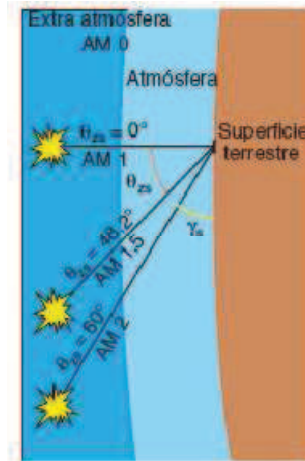


Figura 8: Masa de aire (AM) para diferentes ángulos cenitales.

Se puede calcular la masa de aire con la expresión:

$$AM = \frac{1}{\text{sen } \gamma_s} = \frac{1}{\text{cos } \theta_{zs}} \quad (7)$$

γ_s = ángulo de elevación solar (grados)

θ_{zs} = ángulo o distancia cenital

Tipos de radiación solar sobre una superficie

La radiación solar sobre un receptor se clasifica en tres componentes:

- **Radiación directa:** la forman los rayos recibidos directamente del Sol.
- **Radiación difusa:** procedente de toda la bóveda del cielo, excluyendo el disco solar, la forman los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación recibida es difusa).
- **Radiación reflejada o de albedo:** reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente de la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. que rodean al receptor.

La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de radiación global que es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y por lo tanto la que nos interesa conocer y cuantificar.

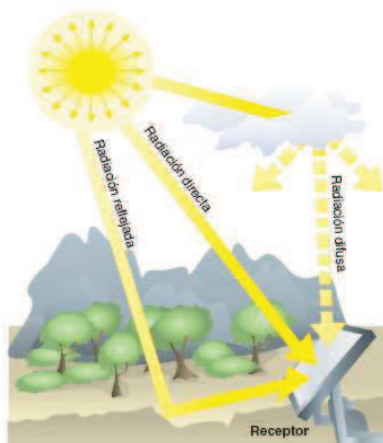


Figura 9: Tipos de radiación sobre una superficie.

Para cuantificar la radiación solar se utilizan dos magnitudes que corresponden a la potencia y a la energía de la radiación que llegan a una unidad de superficie, se denominan irradiancia e irradiación y sus definiciones y unidades son las siguientes:

- **Irradiancia:** potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
- **Irradiación:** integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo. Se mide en julios por metro cuadrado por un periodo de tiempo J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).

En la práctica, dada la relación con la generación de energía eléctrica, se utiliza como unidad Wh/m^2 y sus múltiplos más habituales KWh/m^2 y MWh/m^2 .

Otro concepto importante es el de **Insolación**, éste corresponde al valor acumulado de la irradiancia en un tiempo dado. Si el tiempo se mide en horas (h), la insolación tendrá unidades de Watts-hora por metro cuadrado (Wh/m^2). Generalmente se reporta este valor como una acumulación de energía que puede ser horaria, diaria, estacional o anual. La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora solar pico es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de $1,000\text{W}/\text{m}^2$. La energía que produce el sistema fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe.

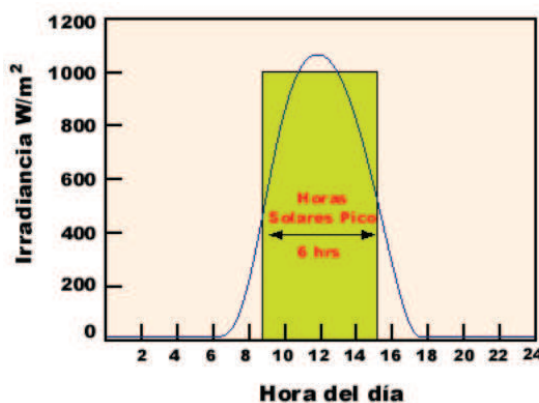


Figura 10: Irradiancia y horas solar pico (insolación)

Si se suma toda la radiación global que incide sobre un lugar determinado en un periodo de tiempo definido (hora, día, mes, año) se obtiene la energía en kWh/m² (o en MJ/m²). Este valor es diferente según la región donde nos encontremos.

7.3 LA CELULA FOTOVOLTAICA

Las células fotovoltaicas para generación energética son aquellas que transforman la energía luminosa (fotones) en electricidad (electrones en movimiento), aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores. Dichas células están formadas por dispositivos tipo diodo constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n) que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.



Figura 11: Célula fotovoltaica

Fuente: <http://www.terra.org/articulos/art02211.html>

La celda cuenta con dos terminales: la cara expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. La celda está cubierta con una película delgada anti reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

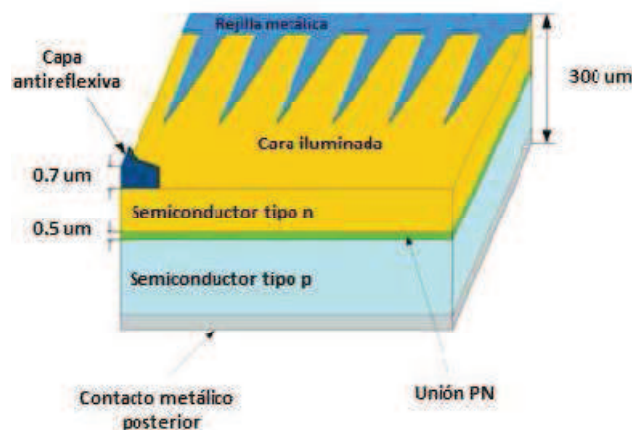


Figura 12: Diagrama interno de una fotocelda

Fuente: www.electricidad-gratuita.com/fundamentos-fotovoltaicos-3.html

7.3.1 EFECTO FOTOVOLTAICO

El principio básico del efecto fotovoltaico o fotoeléctrico es que, es posible liberar electrones de los átomos del material semiconductor y en estos electrones libres hacer el material conductor.

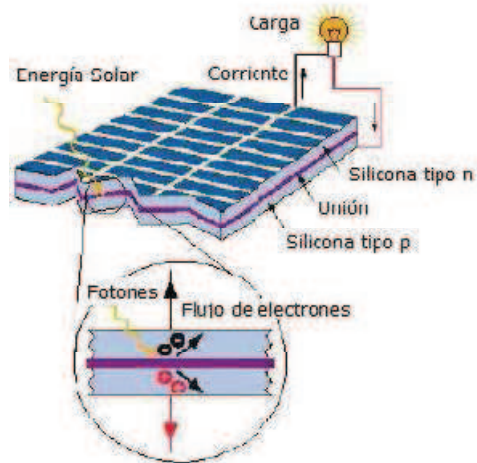


Figura 13: Sistema fotovoltaico simple.

Fuente: Green Empowerment-ITDG Manual de Capacitaciones Sistemas Fotovoltaicas.

Las células solares se fabrican con semiconductores. Los semiconductores son elementos sólidos que tienen una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico pero superior a la de un buen aislante. El semiconductor más utilizado es el silicio.

Los átomos de silicio tienen su orbital externo incompleto con solo cuatro electrones denominados electrones de valencia. Estos átomos forman una red cristalina en la que cada átomo comparte sus cuatro electrones de valencia con los cuatro átomos vecinos formando enlaces covalentes.

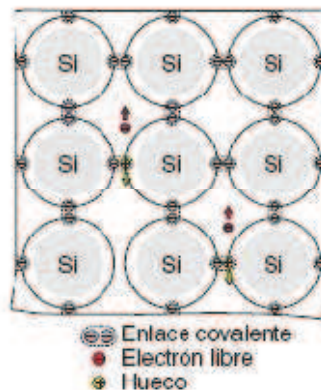


Figura 14: Representación de los enlaces de los átomos del silicio.

Cualquier aporte de energía, como una elevación de la temperatura o la iluminación del semiconductor, provoca que algunos electrones de valencia absorban suficiente energía para librarse del enlace covalente y moverse a través de la red cristalina, convirtiéndose en

electrones libres. Cuando un electrón libre abandona el átomo de un cristal de silicio, deja en la red cristalina una vacante (hueco) con carga positiva.

Los electrones y huecos que se generan al iluminar un semiconductor se mueven por su interior aleatoriamente, cada vez que un electrón encuentra un hueco, lo ocupa y libera la energía adquirida previamente en forma de calor, esto se llama recombinación de un par electrón-hueco. Este proceso no tiene ninguna utilidad si no se consigue separar los electrones y los huecos de manera que se agrupen en diferentes zonas para formar un campo eléctrico, de forma que el semiconductor se comporte como un generador eléctrico. Si de alguna forma se consigue mantener esta separación y se mantiene constante la iluminación aparece una diferencia de potencial. Esta conversión de luz en diferencia de potencial recibe el nombre de efecto fotovoltaico.

7.3.2 FABRICACIÓN DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

- **Silicio monocristalino:** caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de hasta el 17%.



Figura 15: Panel formado con células de silicio monocristalino.

Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaicas.html>

- **Silicio policristalino:** silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1 mm. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.

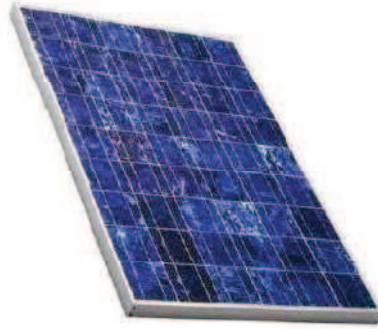


Figura 16: Panel formado con células de silicio policristalino.

Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaiicas.html>

- **Silicio amorfo:** compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor de 1 μm . Presentan un color marrón y gris oscuro. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%.



Figura 17: Panel formado con células de silicio amorfo

Fuente: <http://fuentesrenovables.blogspot.com/2008/11/clulasfotovoltaiicas.html>

7.4 GENERADOR FOTOVOLTAICO

7.4.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO.

Un módulo solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.

El módulo cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

7.4.1.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MÓDULO FOTOVOLTAICO

- **Cubierta frontal:** Suele ser de vidrio templado de entre 3 y 4 mm de espesor, con muy buena transmisión de la radiación solar, proporciona protección contra los agentes atmosféricos y los impactos. La superficie exterior del vidrio es antirreflexiva y está tratada para impedir la retención del polvo y la suciedad. La superficie interior generalmente es rugosa, lo que permite una buena adherencia con el encapsulante de las células, además de facilitar la penetración de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica y alta transmisividad.

- **Encapsulante:** En la mayoría de los módulos se emplea etil-vinil-acetato (EVA). En contacto directo con las células, protege las conexiones entre las mismas y aporta resistencia contra vibraciones e impactos. Además proporciona el acoplamiento con la cubierta frontal y la protección posterior. Al igual que la cubierta frontal, permite la transmisión de la radiación solar.

- **Protección posterior:** igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.

- **Cubierta posterior.** Se utiliza una capa de polivinilo fluoruro (PVF) o de poliéster. Junto con la cubierta frontal, protege al módulo de la humedad y otros agentes atmosféricos y lo aísla eléctricamente. De naturaleza opaca, es habitual que sea de color blanco para reflejar la luz solar que no recogen las células sobre la cara posterior rugosa de la cubierta frontal, que la refleja de nuevo hacia las células. Algunos fabricantes ponen la cubierta de vidrio para aprovechar la radiación solar reflejada que puede recogerse por la parte posterior del módulo. Para ello las células solares incluyen capas de silicio amorfo que recoge esta radiación.

- **Marco metálico.** La mayoría de los fabricantes utilizan aluminio anodizado. Proporciona rigidez y resistencia mecánica al módulo, además de un sistema de fijación. Incorpora una conexión para la toma de tierra.

- **Conexiones.** Situadas en la parte posterior del módulo, habitualmente consiste en una caja con una protección recomendada contra el polvo y el agua, fabricada con materiales plásticos resistentes a las temperaturas elevadas, que en su interior incorpora los bornes de conexión positivo y negativo del módulo y los diodos de paso (diodos by-pass).

- **Diodo de protección:** su misión es proteger contra sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

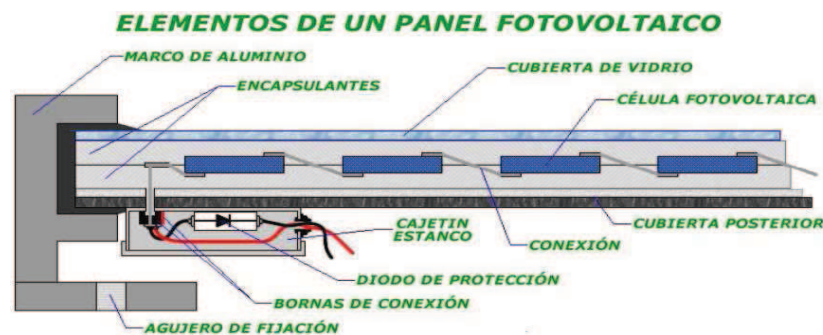
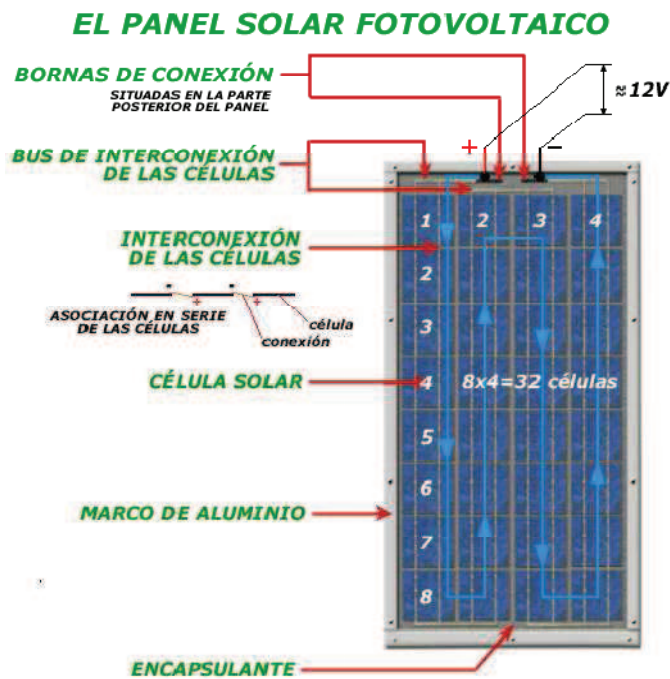


Figura 18: Elementos de un panel fotovoltaico.
Fuente: FIRCO Proyecto de Energía Renovable

7.4.1.2. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Los módulos fotovoltaicos quedan caracterizados por una serie de parámetros eléctricos referidos a unas condiciones climáticas denominadas STC que vienen determinadas por los siguientes valores:

- Temperatura de la célula: 25°C
- Radiación solar: 1.000 W/m²
- Masa de aire: 1,5 AM

El hecho de referenciar los parámetros del módulo a unas condiciones determinadas de medida tiene como consecuencia principal que un módulo de una determinada potencia pico, por ejemplo 165 Wp, únicamente generará dicha potencia en las condiciones de referencia antes mencionadas. Como las condiciones de temperatura y radiación casi

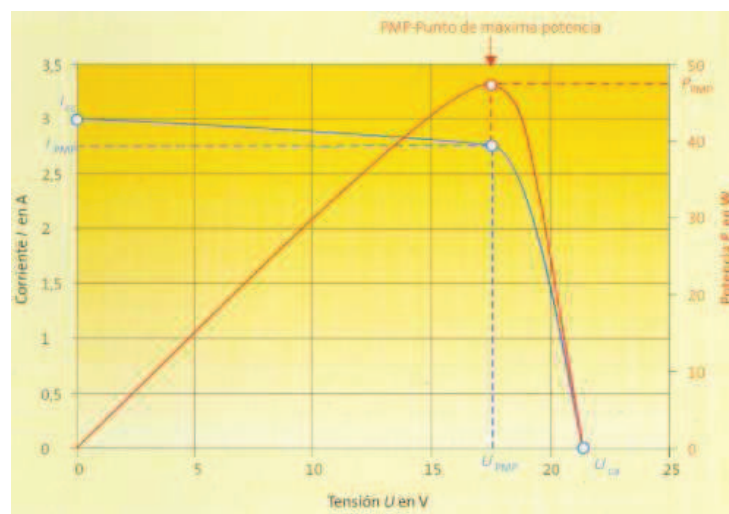
siempre son distintas a las condiciones STC, el módulo fotovoltaico va a generar en la mayoría de los casos una potencia inferior a la del catálogo.

Dentro de los parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico que proporciona el fabricante, los más representativos son los siguientes:

- **Potencia pico:** Potencia máxima que puede proporcionar un módulo fotovoltaico. Corresponde al punto de la curva característica donde $V \cdot I$ es máximo.
- **Tensión de máxima potencia (V_{pmp}):** Es la tensión correspondiente al punto de máxima potencia de la curva característica del módulo fotovoltaico. Es la tensión de trabajo del módulo y la que se utiliza para diseñar los sistemas fotovoltaicos.
- **Intensidad de máxima potencia (I_{pmp}):** Es la intensidad correspondiente al punto de máxima potencia de la curva característica del módulo fotovoltaico. Es la corriente de trabajo del módulo y la que se utiliza para diseñar sistemas fotovoltaicos.
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc}):** Es la máxima tensión que puede proporcionar el módulo si se dejan sus terminales en circuito abierto (módulo generando sin estar conectado a ninguna carga).
- **Intensidad de cortocircuito (I_{cc}):** Máxima corriente que va a ser capaz de proporcionar el módulo fotovoltaico si se cortocircuitan sus terminales ($V=0$).

El módulo fotovoltaico es un generador eléctrico que actúa como fuente de intensidad. Cuando sobre el módulo incide la radiación solar éste fija su tensión alrededor de un valor determinado y va variando su intensidad en función de la intensidad de la radiación incidente. Por tanto, intensidad de radiación y temperatura de las células son los dos parámetros que determinan las propiedades eléctricas de un módulo fotovoltaico.

En la curva se pueden ver los valores significativos del módulo como son: I_{sc} (corriente de cortocircuito), V_{oc} (Voltaje de circuito abierto) y V_{pmp} y I_{pmp} (Voltaje y corriente del punto de máxima potencia).



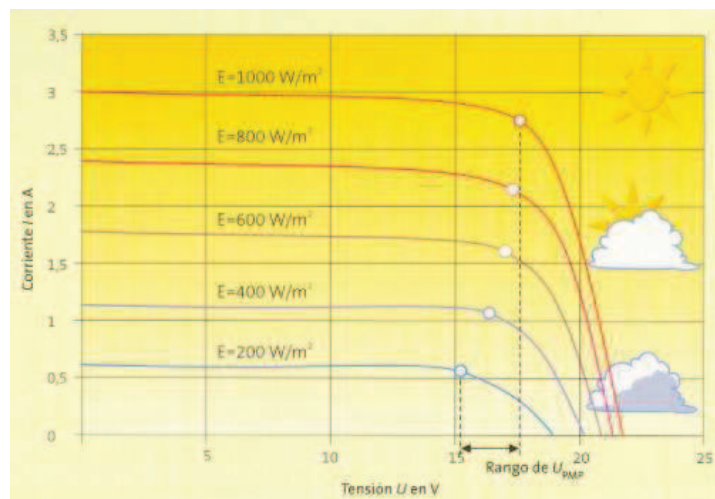
Gráfica 5: Curva I-V / P-V en condiciones STC

- Efectos de la irradiancia y temperatura sobre el módulo fotovoltaico

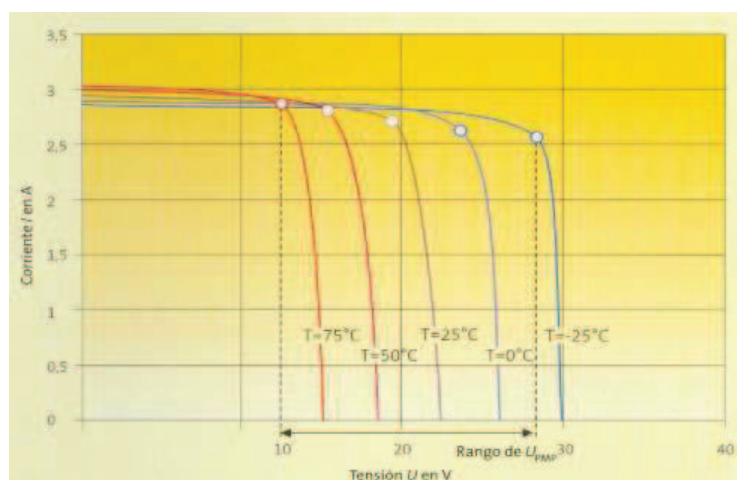
La irradiancia afecta principalmente a la corriente y lo hace de forma proporcional, a mayor irradiancia el módulo fotovoltaico proporciona una mayor intensidad y viceversa.

Como se ve en la figura, la V_{pmp} practicamente no varia frente a variaciones de irradiancia mientras que la I_{pmp} sufre incrementos importantes a medida que el nivel de irradiancia va aumentando.

Las variaciones de temperatura afectan principalmente a los valores de voltaje, teniendo una mayor influencia en la tensión de circuito abierto. Un incremento en la temperatura de las células se traduce en una disminución tanto de la V_{pmp} como la V_{oc} que se traduce en una pérdida de la potencia del módulo.



Gráfica 6: Variación de las características según la radiación.



Gráfica 7: Variación de las características eléctricas según la temperatura.

7.4.1.3 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La orientación e inclinación de un generador fotovoltaico se definen mediante coordenadas angulares, las cuales varían en relación al lugar de la instalación.

Ángulo de azimut (α): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur. Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es -90 y si coincide con el oeste su valor es $+90$ grados.

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte.

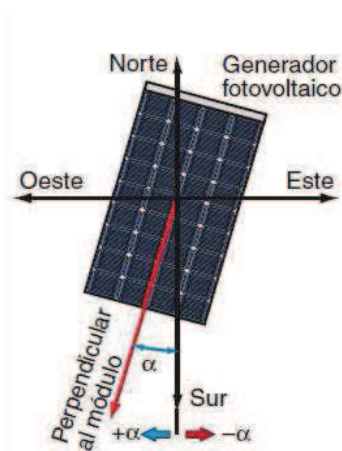


Figura 19: Ángulo de orientación

Fuente: Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010.

Ángulo de inclinación (β): ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal. Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación.

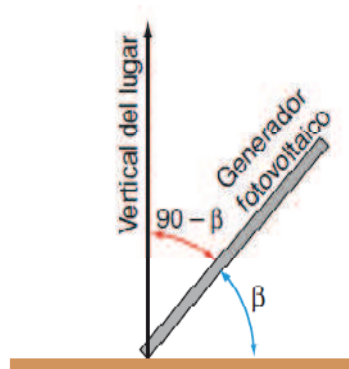


Figura 20: Ángulo de inclinación

Fuente: Pareja M., Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada. Marcombo 2010.

7.4.2. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

El conjunto de módulos solares conectados en serie, forman lo que se denomina ramal, los ramales conectados en paralelo constituyen el generador fotovoltaico. La finalidad de esta configuración es obtener las características de tensión y potencia deseada de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema.

Se pueden realizar tres tipos de conexión en función de las necesidades:

- **Conexión serie:** para elevar la tensión del generador.
- **Conexión paralelo:** para elevar la intensidad del generador.
- **Conexión serie-paralelo:** para elevar la tensión y la intensidad del generador.

- Conexión de módulos en serie

La intensidad del generador es igual a la de un módulo y la tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie.

$$I_G = I_M$$

I_G : Intensidad del generador (A)

I_M : Intensidad de un modulo (V)

$$U_G = N_s \cdot U_M$$

N_s : Numero de modulos conectados en serie

U_G : Tension del generador (V)

U_M : Tension de un modulo (V)

El conexionado en serie de los módulos se realiza conectando el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente módulo. El terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo del generador y el terminal positivo del último módulo es el terminal positivo del generador.

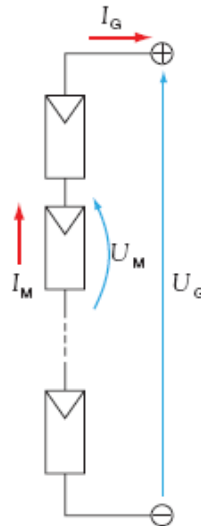


Figura 21: Conexión de N, módulos en serie.

- Conexión de módulos en paralelo

La tensión del generador es igual a la de un módulo y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de módulos en paralelo.

$$I_G = N_p \cdot I_M$$

I_G : intensidad del generador (A)

I_M : intensidad de un módulo (A)

N_p : número de módulos conectados en paralelo

$$U_G = U_M$$

U_G : tensión del generador (V)

U_M : tensión de un módulo (V)

El conexionado en paralelo de los módulos se realiza conectando el terminal positivo de todos los módulos entre sí para formar el terminal positivo del generador y conectando el terminal negativo de todos los módulos entre sí para formar el terminal negativo del generador.

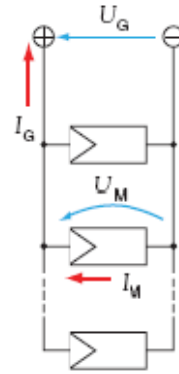


Figura 22: Conexión de N , módulos en paralelo.

Conexión de módulos en serie-paralelo.

La tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de ramas en paralelo. Cada grupo de módulos conectados en serie se denomina rama o cadena.

$$I_G = N_p \cdot I_M$$

I_G : intensidad del generador (A)

I_M : intensidad de un módulo (A)

N_p : número de ramas conectadas en paralelo

$$U_G = N_s \cdot U_M$$

N_s : número de módulos conectados en serie

U_G : tensión del generador (V)

U_M : tensión de un módulo (V)

Para conectar los módulos de una rama se aplica el procedimiento de conexionado en serie de módulos. El terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo de la rama y el terminal positivo del último módulo es el terminal positivo de la rama. El conexionado termina aplicando el procedimiento de conexión paralelo a las ramas realizadas previamente.

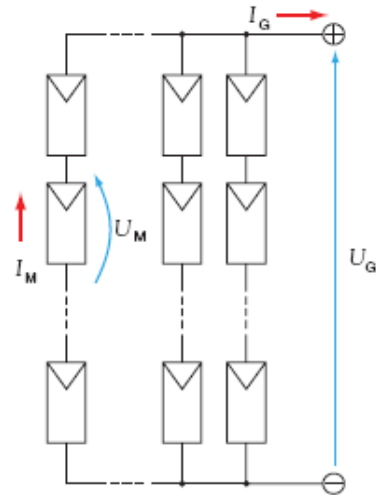


Figura 23: Conexión de N_s módulos en serie y N_p ramas en paralelo.

Los parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico dependen directamente de los parámetros de sus módulos. Si todos los módulos son iguales y trabajan en las mismas condiciones de irradiancia y temperatura, la tensión, intensidad y potencia que puede proporcionar un generador fotovoltaico cumplen las siguientes relaciones:

$$P_{Gm\acute{a}x} = N_s \cdot N_p \cdot P_{m\acute{a}x}$$

$P_{Gm\acute{a}x}$: potencia máxima del generador (W)

$P_{m\acute{a}x}$: potencia máxima del módulo (W)

N_p : numero de ramas conectadas en paralelo

N_s : numero de módulos conectados en serie

$$U_{Goc} = N_s \cdot U_{oc}$$

U_{Goc} : tensión de circuito abierto del generador (V)

U_{oc} : tensión de circuito abierto del módulo (V)

$$I_{Gsc} = N_p \cdot I_{sc}$$

I_{Gsc} : intensidad de cortocircuito del generador (A)

I_{sc} : intensidad de cortocircuito del módulo (A)

$$U_{Gmpp} = N_s \cdot U_{mpp}$$

U_{Gmpp} : tensión máxima del generador (V)

U_{mpp} : tensión máxima de módulo (V)

$$I_{Gmpp} = N_p \cdot I_{mpp}$$

I_{Gmpp} : intensidad máxima del generador (A)

I_{mpp} : intensidad máxima del módulo (A)

$$\alpha_G = N_p \cdot \alpha$$

α_G : coeficiente intensidad – temperatura del generador (mA/°C o %/°C)

α : coeficiente intensidad – temperatura del módulo (mA/°C o %/°C)

$$\beta_G = N_s \cdot \beta$$

β_G : coeficiente tensión – temperatura del generador (mV/°C o %/°C)

β : coeficiente tensión – temperatura del módulo (mV/°C o %/°C)

7.5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

En términos generales, se define como sistema fotovoltaico, el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizados en el aprovechamiento de la energía solar disponible para transformarla en energía eléctrica.

Estos sistemas, dependiendo de su configuración y de la potencia producida, se pueden dividir en:

- Sistemas de conexión a red.
- Sistemas Aislados.

7.5.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICO CONECTADOS A LA RED

Los componentes que conforman un sistema fotovoltaico de conexión a red son:

- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Inversor
- Sistema de medición de generación de energía
- Sistema de monitorización
- Cableado, elementos de protección del sistema
- Consumos

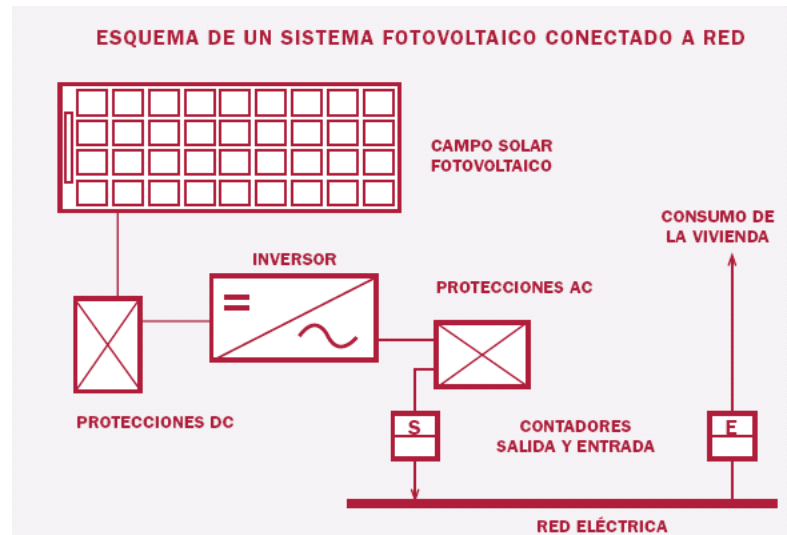


Figura 24: Componentes de una instalación de conexión a red

En los sistemas de conexión a red, es necesario cumplir los requisitos técnicos demandados por la compañía eléctrica a la cual están conectados nuestro sistema. De igual manera se incluirán dentro de nuestro sistema fotovoltaico, un conjunto de medición, para contabilizar la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento.

Las principales aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica convencional son:

- Sistemas en tejado y edificios.
- Sistemas modulares de fácil instalación, pensados para la captación aprovechamiento de la radiación solar en las superficies libres de los tejados de casas y edificios.
- Plantas de producción.
- Instalaciones de conexión a red de aplicación industrial, que pueden ser instaladas en zonas rurales o sobrepuestas en grandes cubiertas de áreas urbanas (aparcamientos, centros comerciales, áreas deportivas) no aprovechadas para otros usos.
- Integración de edificios.
- La principal característica de este tipo de instalación es que están integrados en la estructura principal de la edificación, de modo que los paneles solares encajan estética y estructuralmente en la cubierta del edificio.

7.5.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS DE LA RED

Utilizados para proveer de electricidad a sitios lejanos, que por su ubicación geográfica y dificultad de acceso no compensa pagar el coste de la conexión a la red convencional.

Los sistemas aislados al no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con baterías de acumulación para almacenar la energía producida.

Los componentes que conforman un sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica son:

- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Sistema de acumulación
- Inversor
- Sistema de monitorización
- Cableado eléctrico
- Elementos de protección del sistema
- Consumos

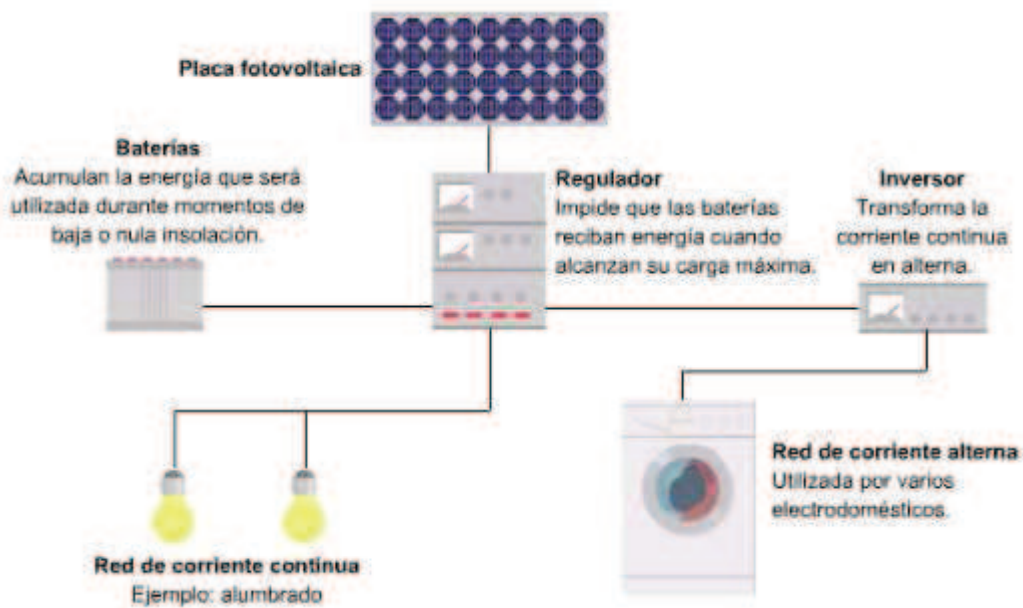


Figura 25: Componentes de una instalación aislada

Fuente: www.Solcaisur.es

Las principales aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos de conexión aislada son:

- Electrificación de viviendas y edificios
- Alumbrado público
- Aplicaciones agropecuarias
- **Bombeo y tratamiento de agua**
- Señalización de carreteras u obras
- Sistemas de medición o telecontrol aislados
- Aplicaciones mixtas con otras renovables

8. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DESALADORA Y BOMBEO FOTOVOLTAICOS

8.1. INTRODUCCIÓN

La instalación desaladora tendrá una capacidad de producción de 67,75 m³/h de agua producto. El suministro energético para llevar a cabo la desalación del agua y obtener el agua producto estará formado por varios sistemas de bombeo fotovoltaico.

Para la captación del agua de mar se utilizarán dos sistemas de bombeo fotovoltaico independientes.

Cada uno estará formado por una planta fotovoltaica dispuesta de módulos fotovoltaicos que generan una corriente continua que el inversor se encargará de transformar en corriente alterna para adaptarla al consumo del conjunto motor-bomba de captación para su funcionamiento.

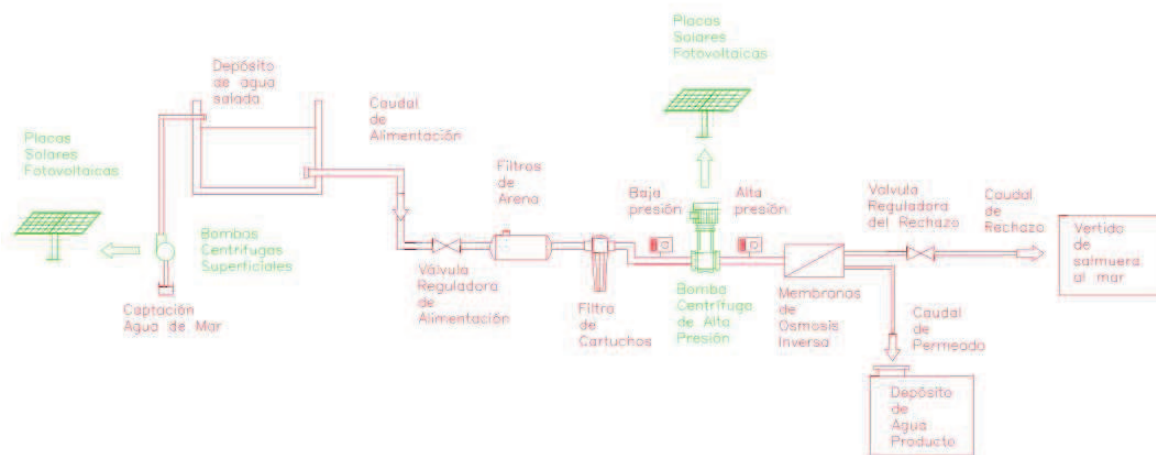
Las bombas serán las encargadas de impulsar un caudal de agua a una altura o carga útil suficiente para depositarla en un depósito intermedio elevado para su posterior alimentación a la instalación desaladora.

Debido a que el agua de alimentación contiene una serie de componentes orgánicos y no orgánicos que deben ser controlados dentro de unos determinados límites, someteremos a nuestra agua a una serie de pretratamientos físicos y químicos. Los pretratamientos físicos a los que será sometido antes de entrar en las membranas de ósmosis inversa son la filtración grosera y la de afino. Los pretratamientos químicos utilizados son un anti-incrustante y un reductor. El anti-incrustante será inyectado antes de los filtros de cartuchos y el reductor antes de entrar a las membranas de ósmosis inversa.

El sistema fotovoltaico de bombeo de alta presión, recibirá el agua de alimentación ya filtrada y la bombeará a muy alta presión a través de las membranas de ósmosis inversa para llevar a cabo la separación de las sales del agua.

En el proceso de ósmosis inversa se producirán dos flujos. Uno de ellos es el agua producto o desalada que después de ser clorada se depositará en un depósito de regulación para su posterior utilización y abastecimiento. Y el otro flujo es aquel que no ha podido atravesar las membranas y se rechazará al punto de vertido.

A continuación se muestra un esquema general de la instalación:



Esquema 2: Instalación desaladora y bombes fotovoltaicos.

8.2 SISTEMAS DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DE CAPTACIÓN

8.2.1 BOMBAS DE CAPTACIÓN

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. La potencia que producen los módulos fotovoltaicos es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar, es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día, la potencia generada por los módulos varía y en consecuencia la potencia entregada a la bomba. Por esta razón se han diseñado algunas bombas especiales para la electricidad fotovoltaica como son las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas y las bombas centrífugas.

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande, pero en funcionamiento, cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombeada es mayor.

Las bombas centrífugas por su característica par-velocidad no las hacen adecuadas para operar directamente conectadas a un generador fotovoltaico, es decir, necesitan de otro elemento (el inversor) que adecue ésta característica al funcionamiento del generador fotovoltaico. Debido a la necesidad de un par prácticamente constante, necesitan una corriente constante lo que no ocurre en los generadores fotovoltaicos donde la corriente es directamente proporcional a la irradiancia.

La bomba disminuirá el caudal bombeado hasta que se requiera menor corriente, por tanto, la bomba dejará de bombear cuando la corriente generada descienda de un nivel crítico. Para prevenir que esto ocurra en la mayor parte del día es necesario seleccionar una corriente que esté muy por debajo de la corriente máxima generada por los paneles a lo largo del día. En consecuencia, es necesario sacrificar parte de la potencia del generador dando como resultado sistemas con bajos rendimientos totales.

Las bombas centrífugas pueden ser sumergibles o de superficie.

Las bombas superficiales se instalan a nivel del suelo y tienen la ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 10 metros.

8.2.2 CAPTACIÓN DEL AGUA DE MAR

La captación de agua bruta de mar se realizará por toma abierta mediante dos bombas de captación de tipo centrifugas y superficiales situadas a pocos metros de la orilla.

La bomba seleccionada para llevar a cabo la captación de agua bruta de mar debe aportar un caudal de 72 m³/h a una altura de 94 metros según el DOCUMENTO N° 2. CÁLCULOS.

Se ha seleccionado una bomba centrifuga normalizada DIN 24255 del fabricante BOMBAS ITUR de la serie IN acoplada a un motor eléctrico de corriente alterna. El número total de bombas a instalar de este modelo son 2.

En la **Figura 26** puede verse el modelo seleccionado.

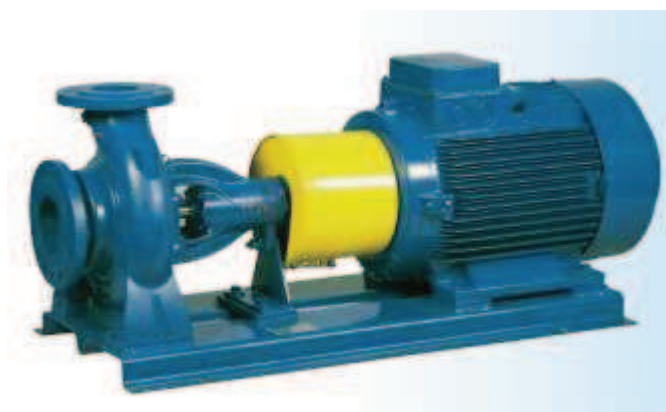


Figura 26: Bomba centrifuga serie IN acoplada a motor eléctrico
Fuente: Fabricante ITUR BOMBAS

Las prestaciones máximas de la bomba seleccionada se detallan a continuación en la **Tabla 6:**

| BOMBA CENTRIFUGA 24255 SERIE IN | |
|---------------------------------|--------------|
| Caudal (m ³ /h) | 1600 |
| Altura útil (m) | 100 |
| Presión (bar) | 10 |
| Revoluciones (rpm) | 2900 |
| Temperatura (° C) | -15 a +140°C |

Tabla 6: Características técnicas de la bomba centrifuga, serie IN.
Fuente: Fabricante ITUR BOMBAS

El cálculo justificativo de la bomba de captación se encuentra en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULO del presente proyecto.

8.2.3. INVERSOR DC/AC

Los **inversores DC/AC** tienen la principal misión de transformar la corriente continua de salida del generador en corriente alterna, apta para su utilización por motores AC. Los inversores de uso en bombeo fotovoltaico generan una salida mono o trifásica con voltaje y frecuencia variables. La variación de la frecuencia de salida permite a los motores operar a velocidades distintas de la velocidad nominal correspondiente a la frecuencia nominal de 50/60 Hz y así disminuir el umbral de irradiancia solar para el arranque de la bomba. Normalmente estos inversores suelen incorporar un seguidor del punto de máxima potencia. Ambas características permiten aumentar el rendimiento del sistema de bombeo fotovoltaico.

Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga.
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Aumenta el costo y complejidad de sistema.

Los inversores elegidos para los sistemas de bombeo de captación son el PVM 450-047 del fabricante PV MASTER. El número total de inversores a instalar de este modelo son 2. Estos inversores tienen la principal misión de transformar la corriente continua de salida del generador en corriente alterna para que sea apta para el funcionamiento de los motores AC de las bombas centrifugas de captación.

En la **Figura 27** puede verse el modelo seleccionado.



Figura 27: Inversor PVMaster de la serie 450 clase 047

Fuente: Fabricante LTi REEnergy

Las características eléctricas son las siguientes:

| INVERSOR PVMASTER 450-047 | |
|--|---------------------|
| Salida AC | |
| Potencia nominal AC | 47kW |
| Tensión de red | 400 V, 3x290 V |
| Frecuencia de red | 50 Hz, 60 Hz |
| Fusible de red (conexión a 400V) Corriente máxima de salida AC | 80 A |
| Factor de potencia A | 0,999 |
| Entrada DC | |
| Entrada máxima DC | 56 kW |
| Tensión de entrada DC Máxima | 900 V |
| Corriente de entrada DC Máxima | 120 A |
| Rango MPP | 450 V a 850 V |
| Seguidores de MPP | 1 |
| Eficiencia | 0,96 |
| Eficiencia máxima | >0,96, >0,97, >0,98 |

Tabla 7: Especificaciones técnicas del inversor

Fuente: Fabricante LTi REEnergy

Los cálculos justificativo del inversor se encuentra en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.2.4 MÓDULOS FOTOVOLTICOS

Los módulos solares fotovoltaicos elegidos son de silicio monocristalino del fabricante ISOFOTÓN, modelo I 165.

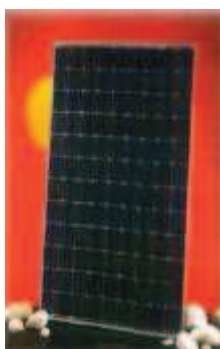


Figura 28: Isofotón I-165

Fuente: Fabricante Isofotón

Las principales características eléctricas de los módulos obtenidas del catalogo del fabricante son las siguientes:

| ISO FOTÓN I-165 | |
|---|------------------------|
| Físicas | |
| Dimensiones | 1310 x 969 x 39,5 mm |
| Peso | 16,5 Kg |
| Número de células en serie | 36 |
| Número de células en paralelo | 3 |
| NOCT (800W/m ² , 20°C, AM 1,5, 1m/s) | 47 °C |
| Eléctricas (1.000 W, 25 °C, AM 1,5) | |
| Voltaje Nominal (Vn) | 12 V |
| Potencia Máxima (Pmax) | 165 Wp |
| Corriente Cortocircuito (Isc) | 10,14 A |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc) | 21,6 V |
| Corriente Máxima Potencia (Imp) | 9,48 A |
| Tensión de Máxima Potencia (Vmp) | 17,4 V |
| Construcción | |
| Células | Silicio Monocristalino |

Tabla 8: Especificaciones técnicas del módulo solar
Fuente: Fabricante Isofotón

Las características eléctricas del generador fotovoltaico se definen como sus valores máximos en Condiciones Estándar de Medida (CEM).

Las dimensiones del módulo Isofotón I-165 son las mostradas en la figura:

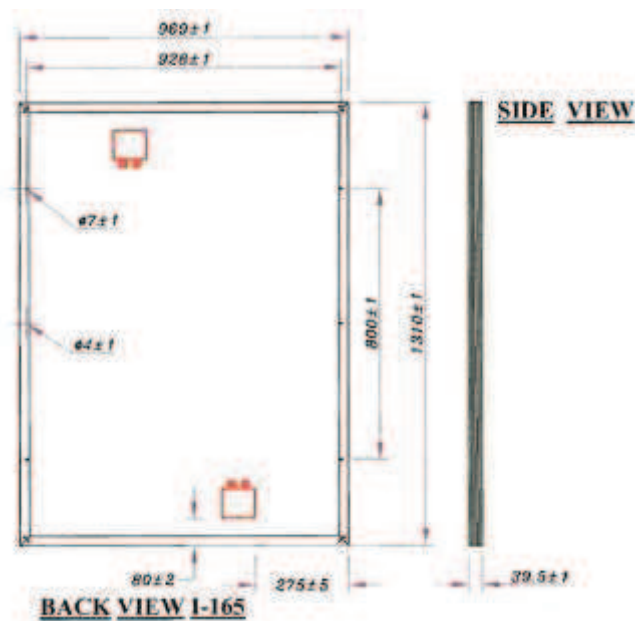
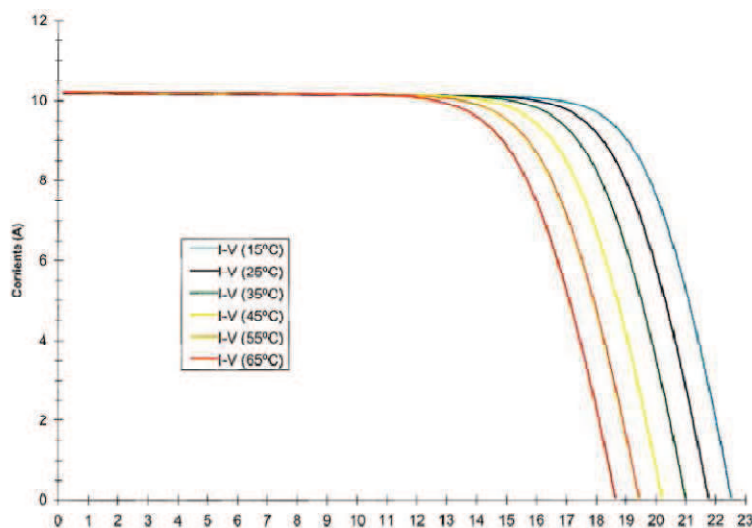
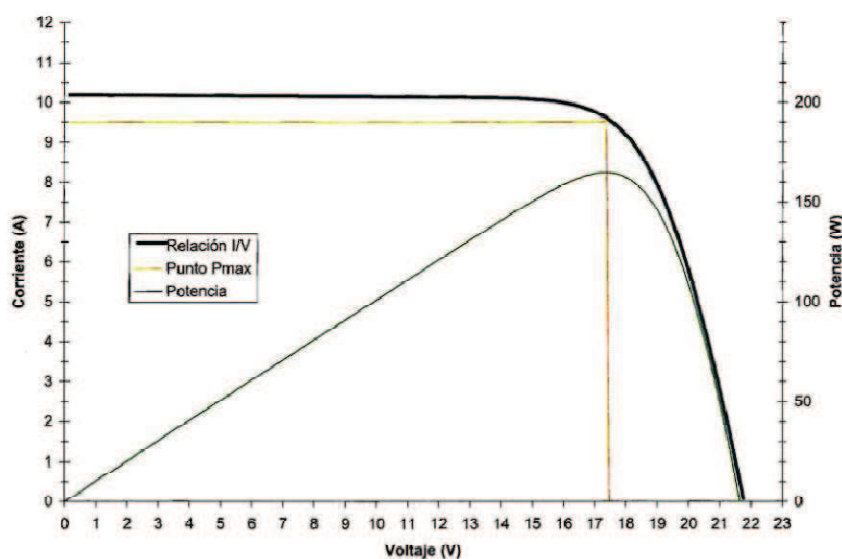


Figura 29: Dimensiones del panel fotovoltaico

A continuación se detallan las curvas características del módulo Isofotón I-165.



Gráfica 8: Variación I-V del módulo Isofotón I-165 en función de la Temperatura de la célula.



Gráfica 9: Relación I-V del módulo Isofotón I-165 en condiciones estándar de medida.

8.2.5. GENERADOR FOTOVOLTAICO

8.2.5.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Para poder efectuar el dimensionado del generador fotovoltaico, primero se necesita saber la radiación solar sobre una superficie horizontal del lugar de nuestro emplazamiento. Para ello se dispone de las tablas de radiación solar actualizadas del punto en cuestión.

Localización: Lanzarote Latitud: 29° 7' 52,19" N
 Longitud: 13° 28' 12,98" O

| Mes | Radiación media mensual diaria (kWh/m ² .día) |
|--------------|--|
| Enero | 3,95 |
| Febrero | 4,75 |
| Marzo | 5,85 |
| Abril | 6,79 |
| Mayo | 7,36 |
| Junio | 7,28 |
| Julio | 7,03 |
| Agosto | 6,94 |
| Septiembre | 6,27 |
| Octubre | 5,26 |
| Noviembre | 4,19 |
| Diciembre | 3,67 |
| Media | 5,78 |

Tabla 9: Radiación media mensual diaria superficie horizontal (kWh/m².día)

Fuente: PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System

La cantidad de energía solar incidente sobre una superficie depende de su orientación relativa al sur y del ángulo que forma con los rayos del sol. Por tanto es necesario determinar la orientación y el ángulo de inclinación de nuestro generador fotovoltaico. Para ello es necesario estimar la radiación global incidente sobre una superficie a distintos ángulos de inclinación y orientada al sur a partir de los datos de radiación global sobre superficie horizontal. De esta forma obtenemos la siguiente tabla.

| Mes | Ángulos de inclinación del generador fotovoltaico | | | | | | | | | |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| Enero | 3,95 | 4,73 | 5,39 | 5,92 | 6,29 | 6,48 | 6,5 | 6,34 | 6 | 5,49 |
| Febrero | 4,75 | 5,4 | 5,93 | 6,31 | 6,53 | 6,57 | 6,44 | 6,13 | 5,65 | 5,02 |
| Marzo | 5,85 | 6,31 | 6,63 | 6,77 | 6,75 | 6,55 | 6,18 | 5,64 | 4,96 | 4,14 |
| Abril | 6,79 | 6,98 | 7,01 | 6,87 | 6,56 | 6,08 | 5,45 | 4,69 | 3,82 | 2,85 |
| Mayo | 7,36 | 7,31 | 7,09 | 6,71 | 6,18 | 5,5 | 4,7 | 3,8 | 2,83 | 1,85 |
| Junio | 7,28 | 7,12 | 6,8 | 6,34 | 5,74 | 5,02 | 4,2 | 3,3 | 2,38 | 1,46 |
| Julio | 7,03 | 6,93 | 6,68 | 6,27 | 5,73 | 5,06 | 4,29 | 3,43 | 2,52 | 1,61 |
| Agosto | 6,94 | 7,04 | 6,97 | 6,73 | 6,33 | 5,78 | 5,08 | 4,27 | 3,35 | 2,38 |
| Septiembre | 6,27 | 6,64 | 6,85 | 6,9 | 6,76 | 6,45 | 5,98 | 5,34 | 4,57 | 3,68 |
| Octubre | 5,26 | 5,87 | 6,34 | 6,65 | 6,79 | 6,74 | 6,52 | 6,11 | 5,55 | 4,83 |
| Noviembre | 4,19 | 4,93 | 5,56 | 6,04 | 6,37 | 6,52 | 6,49 | 6,28 | 5,9 | 5,35 |
| Diciembre | 3,67 | 4,46 | 5,14 | 5,69 | 6,08 | 6,31 | 6,37 | 6,25 | 5,96 | 5,49 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Media | 5,78 | 6,15 | 6,37 | 6,43 | 6,34 | 6,09 | 5,68 | 5,13 | 4,45 | 3,67 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

Tabla 10: Radiación media mensual diaria para diferentes inclinaciones (kWh/m².día).
Fuente: PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System

Luego de entre las distintas inclinaciones del generador fotovoltaico seleccionamos (en rojo) la de 30° debido a que es la inclinación donde mayor radiación solar es captada a lo largo del año. Y de entre todos los meses del año para esta inclinación seleccionamos (en azul) el mes más desfavorable, Diciembre, con una irradiación media diaria de 5690 Wh/m².día para un ángulo de inclinación de 30 grados orientación Sur.

A continuación se muestran en la tabla los datos de diseño de nuestro generador fotovoltaico.

| Localidad : Lanzarote | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Latitud: 29° 7' 52,19'' N | |
| Longitud: 13° 28' 12,98'' O | |
| Mes de dimensionado : Diciembre | |
| Inclinación de los paneles : 30° | |
| Orientación de los paneles: 0° | |
| Mes | Radiación (kWh/m ² .día) |
| Enero | 5,92 |
| Febrero | 6,31 |
| Marzo | 6,77 |
| Abril | 6,87 |
| Mayo | 6,71 |
| Junio | 6,34 |
| Julio | 6,27 |
| Agosto | 6,73 |
| Septiembre | 6,9 |
| Octubre | 6,65 |
| Noviembre | 6,04 |
| Diciembre | 5,69 |
| Media | 6,43 |

Tabla 11: Datos de diseño del generador fotovoltaico.
Fuente: Elaboración Propia

8.2.5.2 CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Se van a diseñar dos generadores fotovoltaicos independientes que servirán de suministro energético a las bombas de captación de agua de mar.

La configuración adoptada de los generadores fotovoltaicos para la aplicación es la siguiente:

| Configuración del generador | |
|------------------------------------|------------|
| Inclinación de los paneles | 30° (fija) |
| Orientación de los paneles | 0° |
| Potencia de cada panel | 165 W |
| Número de paneles en paralelo | 10 |
| Número de paneles en serie | 26 |
| Número total de paneles instalados | 260 |
| Tensión del generador | 450 |
| Corriente del generador | 89,7 |
| Potencia del generador | 40.3 W |
| Potencia total instalada | 42.900 W |

Tabla 12: Diseño de la configuración del generador fotovoltaico.
Fuente: Elaboración Propia

El cálculo justificativo de la configuración del generador se encuentra en el DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULO del presente proyecto.

8.3 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA SALADA

Debido a que los sistemas de bombeo fotovoltaicos sin almacenamiento de energía no proveen agua cuando el sol no brilla es recomendable contar con un tanque o depósito elevado que almacene esa energía para su posterior utilización.

Debe tener la suficiente capacidad para almacenar el agua bruta impulsada por las bombas de captación.

Regularizar la demanda de funcionamiento de la instalación desaladora sobre la producción o impulsión de las bombas de captación al depósito. De ésta manera no es necesario instalar depósitos o tanques de grandes tamaños o capacidades.

DATOS DE DISEÑO

El depósito de almacenamiento está situado a una cota de 50 metros sobre el nivel del mar. Tendrá una altura de 10 metros, altura la cual la tubería de conducción de las bombas de impulsión descargará el agua bruta de mar al depósito. La capacidad de dicho depósito será de 1.800 m³. Tendrá la capacidad suficiente para almacenar los excesos de agua proporcionados por las bombas de captación. El depósito tendrá la finalidad de asegurar el aporte continuo y sin fluctuaciones del agua bruta hasta la línea de pretratamiento y membranas de Osmosis Inversa.

8.4 PRETRATAMIENTOS

El agua que se va desalar proveniente del depósito de almacenamiento contiene una serie de componentes orgánicos y no orgánicos que deben ser controlados dentro de unos determinados límites, de forma que cuando llegue a las membranas no se produzca un deterioro importante de las mismas. Por ello, hay que acondicionar el agua de alimentación antes de someterla al proceso de ósmosis inversa, sometiéndola a una serie de tratamientos que pueden ser de dos tipos:

- Físicos: destinados a eliminar fundamentalmente los elementos sólidos, algas y materia orgánica.
- Químicos: destinados a evitar ataques a la membrana o precipitados de sales sobre la misma.

Para determinar el pretratamiento es necesario aplicar al agua de alimentación un análisis del agua y conocer la calidad del agua, de forma que se salvaguarde a las membranas del ensuciamiento prematuro.

Entre los parámetros a considerar, se encuentran:

- Parámetros físico-químicos tales como temperatura, pH y conductividad eléctrica.
- Cantidad y tipos de microorganismos existentes
- Índice de densidad de sedimentos (SDI) que se mide a través de la turbidez.

8.4.1 PRETRATAMIENTOS FÍSICOS

El objetivo de estos pretratamientos es eliminar fundamentalmente los elementos sólidos, algas y materia orgánica que se encuentran en el agua de alimentación. Es muy importante eliminarlos o conseguir mantenerlos dentro de unos determinados límites para evitar el deterioro o avería del sistema hidráulico y de las membranas.

Los pretratamientos físicos a los que será sometido antes de entrar en los bastidores de ósmosis inversa son la filtración grosera y la filtración de afino.

8.4.1.1 FILTRACIÓN GROSERA: FILTROS DE ARENA

La filtración grosera se realiza con filtros que contienen una o más capas de material filtrante. En ellos el agua se introduce por la parte superior y va pasando a través de las distintas capas, llegando a la parte inferior donde es recogida.

Los filtros de presión empleados en las instalaciones de ósmosis inversa trabajan en el intervalo de 3,5-7,5 Kg/cm² y pueden ser verticales u horizontales.

Los filtros que se utilizan pueden ser tanto abiertos como cerrados, y en ellos se deposita un material poroso que actúa a modo de medio filtrante. Dependiendo de este, podemos tener filtros de arena abiertos o de gravedad y cerrados o de presión.

Por la forma en que se realiza el proceso de filtración puede hablarse de filtración lenta o rápida. Los filtros lentos utilizan velocidades de filtración muy bajas, 0,1-0,4 m/h lo que implica tener mayor espacio en la instalación. Son más fáciles de operar y se limpian solamente con agua a contracorriente. Los filtros rápidos funcionan a velocidades más elevadas que varían entre 5-7,5 m/h para los filtros de gravedad y de 7-12 m/h para los filtros a presión. La filtración rápida es más eficaz. En instalaciones de ósmosis inversa sólo se emplean los filtros rápidos.

Un filtro viene definido fundamentalmente por las velocidades de filtración y a partir de ellas se determina la superficie filtrante. Como el coste de un filtro es función de la superficie filtrante, el diseño debe tratar de conseguir la mayor producción sobre la menor superficie.

El objetivo final es conseguir un filtro que proporcione un agua que responda a las características exigidas, que los ciclos de funcionamiento sean lo más largos posibles, y que una vez que se ensucie, el lavado del mismo permita recuperar sus condiciones de funcionamiento.

Por tanto, en el diseño deben analizarse los siguientes aspectos principalmente:

- Tipo, granulometría y espesor del medio filtrante. El material más empleado es la arena de sílice, cuya granulometría se encuentra entre 0,8 y 1,2 mm. Respecto al espesor de la capa es de 35-45 cm.

- Velocidad de filtración: para los filtros a presión el rango de operación es 7-12 m/h.

DATOS DE DISEÑO

Dada la calidad del agua a tratar, y teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, se ha optado por filtros de arena a presión, horizontales, con una sola capa de material filtrante de granulometría entre 0,8 y 1,2 mm con un tamaño efectivo de grano entre 0,5 y 2 mm, y un coeficiente de uniformidad de 1,5 según bibliografía.

La instalación objeto del presente proyecto estará dotada de 2 unidades de filtros de presión horizontales, de la firma Calplas, construidos en poliéster reforzado con fibra de vidrio. En la **Figura 10.3-a** puede verse el modelo seleccionado.

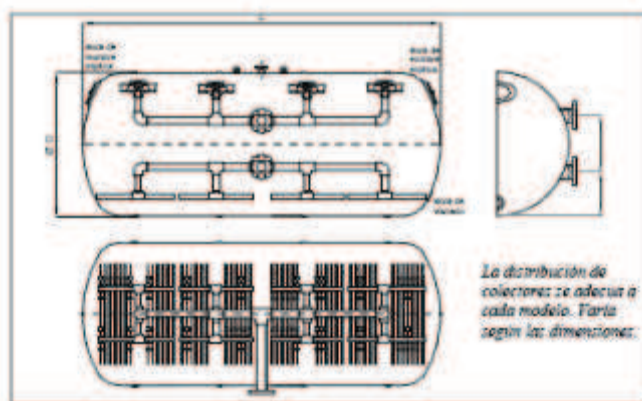


Figura 30: Filtro de arena Calpas.

Fuente: Fabricación Calpas.

A continuación, en la Tabla se detallan las dimensiones del equipo:

| FILTRO DE ARENA HORIZONTAL CALPLAS ϕ 1440-2800 | |
|---|------|
| Diámetro (m) | 2,55 |
| Longitud (m) | 6,5 |
| Superficie filtrante (m ²) | 14,4 |
| Presión de operación (kg/cm ²) | 2,5 |
| Temperatura (° C) | 40 |

Tabla 13: Especificaciones técnicas del filtro de arena seleccionado.

Fuente: Fabricante Calpas.

El cálculo justificativo del diseño de los filtros de arena se presenta en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.4.1.2 FILTRACIÓN DE AFINO: FILTROS DE CARTUCHO

Los filtros de cartucho se utilizan como parte del pretratamiento físico para realizar una filtración más fina que la llevada a cabo con los filtros de arena. Esto se realiza porque los fabricantes de membranas exigen un nivel de filtración mínimo del agua (5 micras).

Hasta ahora los filtros de cartucho más usados eran los filtros de hilo. Éstos están formados por un alma o eje, de material resistente a la corrosión, PVC o acero inoxidable, con perforaciones laterales.

Su funcionamiento está basado en que sobre él se enrolla un hilo, de espesor igual. El tipo de enrollamiento y la tensión o presión que se aplica depende del tamaño del poro. El aumento de partículas retenidas va incrementando la obturación de poros y por tanto la pérdida de carga, hasta llegar a un valor en el que la sustitución es inevitable ya que las partículas no se desprenden rápidamente. Sin embargo, actualmente existe una variedad

mejorada de filtros de cartucho, son los filtros plegables. El sistema es el mismo pero el material filtrante se sustituye por una tela plegada sobre el eje.

Las ventajas que tienen estos filtros frente a los de hilo son las siguientes:

- Su superficie filtrante es superior y les permite en igualdad de condiciones disminuir las pérdidas de carga.
- Elongación en la vida útil del filtro.
- Se necesitan un menor número de filtros para conseguir un caudal determinado por lo que hay una reducción de costes.

DATOS DE DISEÑO

Se instalará un porta-filtro de cartucho de la firma HARMSCO, que alojan en su interior 60 cartuchos filtrantes de hilo bobinado de polipropileno, cada uno de longitud 1.250 mm, capaces de filtrar partículas de tamaños hasta 5 μm . Cada unidad de micro-filtración soporta presiones de trabajo de hasta 6 Kg/cm². La entrada y salida de los filtros de cartucho se realiza mediante tuberías de PRFV.

En las **Figuras 31 y 32** se muestran las figuras de los cartuchos y portafiltros seleccionados.



Figura 31: Cartuchos Harmsco serie 801.

Fuente: Fabricante Harmsco.

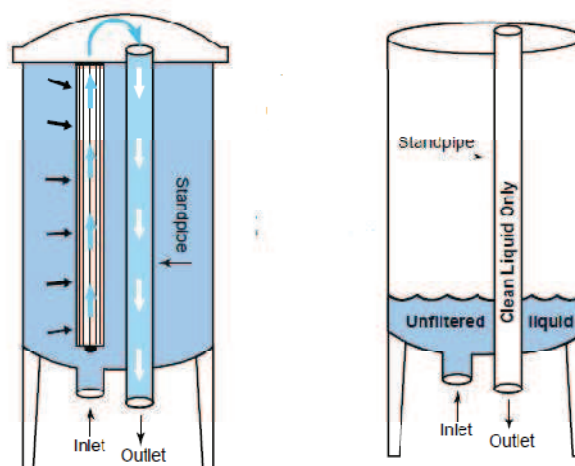


Figura 32: Portafiltros Harmsco HIF 200 FL.
Fuente: Fabricante Harmsco.

A continuación, en la **Tabla 14** y **Tabla 15** se muestran las características de los filtros y portafiltros elegidos:

| CARTUCHO HARMSCO SERIE 801, MODELO 800-5" | |
|---|---------|
| Caudal de operación (GPM) | 3-6 |
| Diámetro externo (inch) | 2-3/4" |
| Diámetro interno (inch) | 1-1/16" |
| Temperatura (°F) | 200 |

Tabla 14: Especificaciones técnicas de los cartuchos seleccionados.
Fuente: Fabricante Harmsco.

| PORTAFILTRO HARMSCO HIF 100 | |
|--|----|
| Caudal máximo de operación (m ³ /h) | 75 |
| Número máximo de cartuchos | 25 |

Tabla15: Especificaciones técnicas del portafiltro seleccionado.
Fuente: Fabricante Harmsco

El cálculo justificativo del proceso de diseño de los filtros de cartucho se encuentra en el **DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.**

8.4.2 PRETRATAMIENTOS QUÍMICOS

Con un adecuado tratamiento químico del agua de alimentación al proceso, se logra aumentar tanto la eficiencia como la vida útil de las membranas.

En los procesos de ósmosis inversa, el pre-tratamiento químico es necesario fundamentalmente por tres motivos:

- Incrustación en las membranas:

Es la precipitación y deposición de sales poco solubles como por ejemplo, CaCO_3 , BaSO_4 , CaSO_4 , y metales que atacan a las membranas. Para evitar eficazmente los depósitos de estas sales sobre las membranas se puede añadir anti-incrustante o reducir el pH.

- Ensuciamiento de las membranas:

El ensuciamiento de las membranas puede ser de varios tipos. A continuación se detallan alguno de ellos: Coloidal: partículas o materia coloidal que permanecen en los poros de las membranas, tales como, arcillas, sílice, hidruros, hidróxidos metálicos y restos orgánicos. Ocurre en todos los procesos de filtración por presión, independientemente del origen de las aguas.

- Ataque a las membranas:

En este caso se produce un daño irreversible en la capa activa o de rechazo de sales de las membranas permitiendo el paso relativamente libre de sales y agua.

Los pre-tratamientos químicos utilizados son la dosificación de reductor y anti-incrustante.

8.4.2.1 DOSIFICACIÓN DE ANTIINCRUSTANTE

En la instalación diseñada el producto utilizado es un ácido policarboxílico neutralizado cuyo nombre comercial es Genesys SW. Se trata de una solución de ácido fosfórico desarrollado como anti-incrustante para medianas y grandes desaladoras. Es un producto de nueva tecnología que se utiliza en pequeñas dosis. Inhibe todas las formas de incrustación permitiendo el diseño de sistemas que operen a elevados porcentajes de recuperación.

Genesys SW debe ser dosificado de forma continua al agua de alimentación. Sus principales características son:

- Sus principios activos son muy utilizados en instalaciones de agua potable.
- Es altamente efectivo frente a las incrustaciones más comunes.
- Inhibe depósitos de sílice, hierro y aluminio.
- Es compatible con todo tipo de membrana.
- Reduce la necesidad de usar ácido.
- Permite a los sistemas operar a con porcentajes de recuperación altos.
- Es una alternativa económica frente al uso de ácidos y polímeros.

DATOS DE DISEÑO

El caudal de disolución que hay inyectar en la línea de operación es de 0,1867 l/h.

La solución se puede preparar en un depósito y la dosificación del anti-incrustante mediante una bomba dosificadora. Dichas bombas están equipadas con variadores de frecuencia y con capacidad para tratar el 100% del caudal.

El diseño de las bombas dosificadoras no estarán incluidas en este proyecto.

En el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto se encuentra el cálculo justificativo de la dosificación de anti-incrustante.

8.4.2.2 DOSIFICACIÓN DE REDUCTOR

Para la reducción de la actividad de los agentes oxidantes, se ha previsto la dosificación en continuo de metabisulfito sódico, antes de acceder el agua de mar a las membranas, de tal forma que se garantice la ausencia total de cloro libre, ya que dada la naturaleza química de las membranas, poliamida aromática, no toleran el cloro. Además se consigue un poder alguicida, regulando el crecimiento biológico mediante la eliminación del oxígeno del agua de alimentación, a la vez que se consigue una disminución de pH, evitando incrustaciones.

DATOS DE DISEÑO

El caudal de la solución comercial de metabisulfito que es necesario añadir por línea de producción es 0,9335 L/h la solución es al 40%.

La solución se puede preparar en un depósito y la dosificación del reductor mediante una bomba dosificadora equipadas con variadores de frecuencia y con capacidad para tratar el 100% del caudal.

El diseño de las bombas dosificadoras no estarán incluidas en este proyecto.

En el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto se encuentra el cálculo justificativo de la dosificación de reductor.

8.5. SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO DE ALTA PRESIÓN

8.5.1 BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Este grupo tiene la misión de proporcionar la presión necesaria para conseguir la separación de sales en las membranas de Osmosis Inversa del agua de alimentación aporte, así como vencer las pérdidas de carga del circuito hidráulico.

La bomba seleccionada debe suministrar un caudal de 144,38 m³/h y una carga de 486 m. Es de tipo centrífuga horizontal multicelular, modelo LE, del fabricante Hidrotecar Bombas.

Sus prestaciones máximas se muestran a continuación en la **Tabla 16**.

| BOMBA ALTA PRESIÓN DE HIDROTECAR BOMBAS MODELO LE | |
|---|-------|
| Caudal (m ³ /h) | 700 |
| Altura útil (m) | 600 |
| Presión (bar) | 98,07 |
| Temperatura (° C) | 160 |
| Revoluciones (min-1) | 1500 |

Tabla 16: Prestaciones máximas de la bomba de alta presión seleccionada.
Fuente: Hidrotecar Bombas S.A.

Se debe aclarar que la presión máxima nunca se alcanzará ya que su límite superior debe ser la presión máxima admisible de trabajo de las membranas.

Los cálculos justificativos de la selección de la bomba de alta presión pueden verse en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.5.2 INVERSOR DC/AC

Para el sistema de bombeo fotovoltaico de alta presión se van a instalar cuatro inversores PVM 450-100 del fabricante PV MASTER.

En la **Figura 33** puede verse el modelo seleccionado.



Figura 33: Inversor PVMaster de la serie 450 clase 100
Fuente: Fabricante LTi REEnergy

Las características eléctricas son las siguientes:

| PVMaster 450-100 | |
|--|----------------|
| Salida AC | |
| Potencia nominal AC | 100 KW |
| Tensión de red | 400 V, 3x290 V |
| Frecuencia de red | 50 Hz, 60 Hz |
| Fusible de red (conexión a 400V) Corriente máxima de salida AC | 170 A |

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| Factor de potencia A | 0,999 |
| Entrada DC | |
| Entrada máxima DC | 120 KWp |
| Tensión de entrada DC Máxima | 900 V |
| Corriente de entrada DC Máxima | 250 A |
| Rango MPP | 450 V a 850 V |
| Seguidores de MPP | 1 |
| Eficiencia | 0,96 |
| Eficiencia máxima | >0,96, >0,97, >0,98 |

Tabla 17: Especificaciones técnicas del inversor

Fuente: Fabricante LTi REEnergy

Los valores de entrada de los inversores seleccionados se ajustarán a los valores de tensión, intensidad y potencia de salida de generadores fotovoltaicos instalados.

8.5.3. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para el sistema de bombeo de alta presión son del mismo fabricante y características, ISOFOTÓN I 165 descritos en el APARTADO 8.2.4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

8.5.4. GENERADOR FOTOVOLTAICO

Los generadores fotovoltaicos servirán de suministro energético a la bomba de alta presión para llevar a cabo el proceso de desalación.

La configuración de los generadores fotovoltaicos para el sistema de bombeo de alta presión se presenta en la siguiente tabla:

| Configuración del generador | |
|------------------------------------|------------|
| Inclinación de los paneles | 30° (fija) |
| Orientación de los paneles | 0° |
| Potencia de cada panel | 165 W |
| Número de paneles en paralelo | 84 |
| Número de paneles en serie | 26 |
| Número total de paneles instalados | 2.184 |
| Tensión del generador | 450 V |
| Corriente del generador | 778,95 A |
| Potencia total instalada | 360.360 W |

Tabla 18: Diseño de la configuración del generador fotovoltaico.

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo justificativo de la configuración del generador se encuentra en el DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.6. UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA

Las consideraciones ha tener en cuenta en el diseño de la unidad de ósmosis inversa son:

- *La Utilización de tubos de presión de 7 elementos de membrana.*

La utilización de los tubos de presión de 7 elementos ha permitido, entre otros, aumentar la recuperación por encima del 40 % en una sola etapa y reducir el número de tubos de presión.

- *La Mejora del rechazo de las membranas.*

Los procesos de fabricación de membranas han ido perfeccionándose aumentando el porcentaje medio de rechazo de sales. En la actualidad está en torno al 99,7% con la consiguiente mejora en la calidad del permeado en una sola etapa (contenido en sales inferior a los 400 mg/L).

- *Aumento de la superficie de membrana.*

En el proceso de fabricación de membranas, la automatización y los sistemas de enrollado, junto con la modificación del tamaño y el número de hojas utilizadas en cada módulo, han permitido obtener una distribución más uniforme de las hojas así como una mayor superficie por módulo. Este aumento de la superficie de membrana por cada módulo permite reducir el número de módulos, incidiendo directamente en el coste de la instalación con una disminución considerable.

- *Aumento de la presión de trabajo de las membranas.*

Se requieren presiones en un rango de trabajo de 50-80 bares. Las membranas espirales de agua de mar trabajan con presiones de hasta 70 bares. En la actualidad, los fabricantes de membranas han lanzado al mercado una nueva generación de membranas de agua de mar que pueden trabajar con presiones de hasta 80 bares.

8.6.1 BASTIDOR DE ÓSMOSIS INVERSA

DATOS DE DISEÑO

Se instalará una línea de producción compuesta por un bastidor de estructura metálica construido para albergar los tubos de presión de 7 elementos. El bastidor contiene 5 tubos de presión de la firma BELL, de entrada frontal y presión máxima de operación de 69 kg/cm².

El bastidor de Osmosis Inversa contendrá 32 membranas. Se han adoptado membranas de poliamida aromática y arrollamiento en espiral de la firma Hydranautics cuyas características técnicas se describen a continuación en la **Tabla19**.

| MEMBRANAS HYRANAUTICS SWC4 MAX | |
|--|-----------|
| Caudal de permeado (m ³ /día) | 27,3 |
| Porcentaje Rechazo de Sales | 99,7-99,8 |
| Área activa (m ²) | 40,8 |
| Presión Máxima de Operación (Mpa) | 8,27 |
| Temperatura Máxima (°C) | 45 |
| Rango de PH operación | 2-11 |

Tabla 19: Especificaciones técnicas de la membrana seleccionada.

Fuente: Fabricante Hydranautics.

La conversión de diseño es del 47% y la configuración, es en 1 etapa y 1 paso. Se ha optado por esta configuración dada las características del agua de mar a desalar y atendiendo a los criterios de diseño del fabricante de membranas Hydranautics.

8.7. POSTRATAMIENTO

Para el acondicionamiento del agua desalada producida, es necesario someterla a un post-tratamiento. El objetivo del mismo, es cumplir con la normativa vigente, RD 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios para el agua de consumo humano.

8.7.1. POST-CLORACIÓN

Como el agua que se va a desalar ha sido desprovista de sus características oxidantes mediante la dosificación de metabisulfito sódico, en el producto no existe cloro residual. Y como antes de su uso final suele almacenarse en algún depósito, existe riesgo de que pueda contaminarse. Por ello, si el agua se va a dedicar a abastecimiento urbano, es necesario clorarla para cumplir con la normativa sanitaria en cuanto a presencia de cloro residual en la red.

Los tres procedimientos de cloración que se emplean en esta fase son:

- *Gas cloro*. Muy extendido en los abastecimientos, cuando se tratan de grandes caudales. Su manipulación es más peligrosa y se requiere aislar adecuadamente los equipos para evitar accidentes.

- *Hipoclorito sódico*. Es el procedimiento más barato tanto de implantación como de funcionamiento.

- *Hipoclorito cálcico*. Similar en su aplicación al anterior. Tiene la ventaja de aportar calcio, que sirve para elevar el contenido de este elemento en el agua producto.

Por lo que la mejor alternativa para llevar a cabo la cloración es utilizar hipoclorito sódico.

DATOS DE DISEÑO

El caudal a dosificar de hipoclorito sódico al 20% de disolución es 1,37 l/h. Con él se tratarán los 542 m³/d de agua producto que se obtienen en la instalación. Para su dosificación se puede disponer de una bomba dosificadora con variadores de frecuencia y con capacidad para tratar el 100% del caudal.

El diseño de la bomba dosificadora no estará incluida en este proyecto.

Los cálculos justificativos de la dosificación de hipoclorito sódico se presentan en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.8. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PRODUCTO

Tras el post-tratamiento el agua es conducida mediante una tubería de PRFV al depósito de agua producto, donde se controlará y verificará la calidad del agua producto para su posterior abastecimiento a la población. Tiene una capacidad de 2.500 m³, suficiente para albergar la producción de tres días. En el depósito se dispone de un medidor de nivel para controlar si es necesario, los excesos de agua y regular el abastecimiento a la población.

8.9 VERTIDO CONTROLADO AL MAR

En la composición química del rechazo se incluye, además las sales concentradas (salmuera), los diferentes productos químicos utilizados en las distintas fases del proceso de desalación.

Para la gestión de dichos productos químicos es conveniente su dilución con más agua de mar antes de su vertido, pero según diversas investigaciones no tienen por qué considerarse compuestos tóxicos contaminantes ya que:

- Las dosis usadas son del orden de 1 a 25 ppm, por lo que resultan despreciables frente al resto de sales.
- La biodegradabilidad de los anti-incrustantes es total aunque varía la velocidad con la que lo hacen.
- El cloro libre de los biocidas debe pasar a cloruros antes de entrar en la membrana debido a su baja tolerancia frente al cloro, siendo despreciable frente al contenido de este ión en la salmuera.
- El reductor se oxida a sulfato, siendo también despreciable frente al contenido de este ión.

La opción más común que se lleva a cabo en la desalación de agua de mar por ósmosis inversa, es el vertido controlado al mar, bien de forma directa o bien mediante emisarios submarinos.

DISEÑO RECOMENDADO

El vertido de la salmuera al mar deberá hacerse tras haberse diluido previamente. La proporción mínima debe ser de 2 partes de agua de mar por 1 parte de salmuera. De esta forma se consigue disminuir muy significativamente la extensión dentro del mar de la

pluma hipersalina resultante tras el vertido. Al final de la conducción del vertido se aconseja la instalación de difusores para ayudar la dispersión del vertido de salmuera en el agua de mar.

8.10 INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Las tuberías de la instalación deben permitir el transporte del agua desde el punto de captación hasta las membranas de ósmosis inversa, así como los dos flujos que se originan tras el proceso, el producto hasta el depósito de almacenamiento y la salmuera al punto de vertido.

El diseño de las tuberías de una planta de OI debe tender a:

- Disminuir el número de conexiones y de estrechamientos.
- Ser resistentes a la corrosión.
- Tener una buena relación calidad/precio.

La instalación puede dividirse en dos zonas bien diferenciadas atendiendo al material utilizado en las conducciones, denominadas *zona de alta presión* y *zona de baja presión*.

Existen dos tipos de materiales que juegan un papel fundamental en las instalaciones de ósmosis inversa, materiales plásticos y metálicos.

La tecnología de plásticos ha sido fundamental para el desarrollo de las instalaciones de desalación, ya que han permitido disponer de materiales a precios razonables y muy resistentes tanto a la corrosión como a los productos químicos.

Su menor resistencia a los esfuerzos, frente a los materiales metálicos, los hace imprescindibles en toda parte de la instalación que trabaja a baja presión. Los más utilizados en las instalaciones desaladoras son: PE, PVC y PRFV.

Las conducciones generales de la parte de la instalación de *baja presión*, es decir, las conducciones que van desde la impulsión de las bombas de captación hasta la impulsión de las bombas de alta presión, y las que conducen el permeado producido por las membranas hasta el depósito de almacenamiento o regulación de la instalación suelen ser de materiales plásticos, por ser más resistentes a la corrosión, así como por soportar presiones medias ($P \leq 10 \text{ Kg/cm}^2$).

Los más utilizados son el PVC o el polipropileno en conducciones de diámetros pequeños de hasta 4" y PRFV para diámetros superiores a 4". Se trata de materiales rígidos, aunque dotados de una cierta flexibilidad, que por tanto, mediante los correspondientes accesorios, se adaptan perfectamente a cualquier recorrido y permiten construir una instalación hidráulica compacta.

Las tuberías para la zona de baja presión de nuestra planta estarán construidas de PRFV, proporcionadas por la empresa FLOWTITE del modelo denominado SN 10.000 y PN 10.

A continuación se muestran los resultados a modo de resumen las líneas de la instalación de baja presión:

| Tramo (Líneas de baja presión) | Q tubería (m ³ /día) | Q tubería (m ³ /h) | Q tubería (m ³ /s) | V fluido (m/s) | DN (mm) | Di (mm) | espesor (mm) | Longitud (m) |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|---------|---------|--------------|--------------|
| BO-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 650 |
| BO-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 650 |
| AFA-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 30 |
| EFA-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| EFA-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFA-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFA-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| AFC-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 5 |
| EFC-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| EFC-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFC-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFC-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| AAP-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 6 |
| P- PRFV- DN100 | 542,88 | 67,86 | 0,01885 | 2,005 | 100 | 109,2 | 3,6 | 15 |
| Total metros | | | | | | | | 1465 |

Tabla 20: Líneas de baja presión de la instalación.

Las conducciones de alta presión, es decir, los tramos de tuberías entre la impulsión de las bombas de alta presión y las membranas, así como las que recogen la salmuera, son de materiales metálicos dado que tienen que soportar presiones superiores a 25 kg/cm² y en el caso del agua de mar pueden alcanzar hasta los 70 o más kg/cm². Se recurre por tanto a aleaciones metálicas, pero teniendo en cuenta que no sólo deben soportar las altas presiones de operación, sino que además deben ser muy resistentes a la corrosión.

La corrosión de las conducciones metálicas provocaría el desprendimiento y la incrustación de depósitos en las membranas, limitando la vida útil de éstas. Bajo estas premisas, como primera opción por su disponibilidad en el mercado y precio frente a otro tipo de aleaciones metálicas no férricas, se encuentra toda la familia de los aceros.

Para agua marina se ha comprobado que los mejores resultados en servicio los proporciona el acero AISI 316.

En nuestra instalación, las conducciones de alta presión serán de ACERO INOXIDABLE AISI 316 del fabricante ACINESGON, por ser el material que más se adecua. No solo debe resistir las altas presiones, sino además ser resistentes a la corrosión, ya que provocaría el desprendimiento y la incrustación de depósitos de las membranas, limitando la vida útil de éstas.

A continuación se muestran los resultados a modo de resumen las líneas de la instalación de alta presión:

| Tramo (Líneas de alta presión) | Q tubería (m ³ /día) | Q tubería (m ³ /h) | Q tubería (m ³ /s) | V fluido (m/s) | DN (mm) | Di (mm) | espesor (mm) | Longitud (m) |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|---------|---------|--------------|--------------|
| AP-AISI316-SCH40S-DN152,4. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,591 | 152,4 | 154,06 | 7,11 | 5 |
| AM-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 57,76 | 7,22 | 0,002 | 2,083 | 31,75 | 35,04 | 3,56 | 2 |
| AS-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 57,76 | 7,22 | 0,002 | 2,083 | 31,75 | 35,04 | 3,56 | 2 |
| RE-AISI316-SCH40S-DN101,6 | 612,18 | 76,52 | 0,02125 | 2,156 | 101,6 | 102,26 | 6,02 | 6 |
| Total metros | | | | | | | | 15 |

Tabla 21: Líneas de alta presión de la instalación

Los cálculos del dimensionado de tuberías se encuentran realizados en el DOCUMENTO N° 2: CÁLCULOS del presente proyecto.

8.11 INSTRUMENTACIÓN

- *Manómetros*

Los manómetros son instrumentos de precisión y se deben manejar con cuidado. Se recomienda seleccionar para cada manómetro un rango estándar cuyo valor fondo escala sea aproximadamente el doble de la presión de trabajo, con lo que se logrará prolongar la duración del aparato y al mismo tiempo se facilitará la lectura de la indicación que se efectuará en el centro de la esfera.

Deberá comprobarse que los materiales de las partes en contacto con el fluido de proceso sean los adecuados para el tipo de fluido a medir.

En ésta instalación se utilizan equipos distintos para medir la presión del agua dulce y del agua salada. Unos de los más importantes son los instalados en la línea de salmuera, para el control de la presión del rechazo.

- *Transmisores de presión*

Los transmisores usados en la instalación funcionan con la técnica de dos cables y tienen una señal de salida analógica de 4 a 20 mA. Estos transmisores contienen un microprocesador interno que permite realizar diversas funciones y da facilidad de operación. Análogamente al caso de los manómetros, hay que distinguir entre los transmisores utilizados en las líneas de agua de alimentación y rechazo, y el que se encuentra en la línea de agua producto. Esta distinción alude al rango de calibración

Rango de calibración:

- Línea de Alimentación y Rechazo: 0-100 atm.
- Línea de agua Producto: 0-6 atm.

- *Presostatos diferenciales*

Los presostatos diferenciales, como todos los instrumentos de presión diferencial, requieren especial cuidado en el diseño y ejecución de las uniones entre los puntos de

medida y el instrumento, ya que la línea de conexión forma parte integrante del instrumento en la transmisión de la variable medida desde el punto de medida al mismo instrumento.

En la instalación existen los siguientes instrumentos:

Equipo para la medida de la presión diferencial en el filtro de arena:

- Rango: 0-2,5 bar

Equipo para la medida de la presión diferencial en el filtro de cartucho:

- Rango: 0-2,5 bar

Equipo para la medida de la presión diferencial en las membranas:

- Rango: 0-16 bar

- Indicador y transmisor de caudal

El tipo de equipos utilizados en la instalación para la medición de caudal son aquéllos empleados en fluidos conductivos y en tubería cerrada.

Se utilizan los siguientes caudalímetros:

- En la línea de entrada a los filtros de arena.
- En la línea de admisión de las bombas de alta presión.
- En las líneas de alimentación a las membranas y agua producto para control del flujo de permeado.

- Transmisor e indicador de conductividad

Los Indicadores (sensores) son equipos de diseño sencillo y mediciones precisas. Los materiales de que están hechos son de alta durabilidad y resistencia a la corrosión. No requieren calibración. Disponen de unos electrodos de titanio robustos disponibles con células constantes. El electrodo incluye un sensor de temperatura del tipo Pt-100.

En la planta se encuentran instalados de forma conjunta en las siguientes líneas:

- En el depósito intermedio
- En la línea de alimentación a los filtros de cartucho.
- En la línea de alimentación a las membranas.
- En la línea de agua producto.
- En la línea de agua producto.

- Indicador y transmisor de pH

Los indicadores de pH son sensores de fácil instalación. Poseen un diafragma de PTFE que repele la suciedad y previene las obstrucciones, asegurando una medición precisa durante un largo periodo. Con un conducto o tubería pueden ser sumergidos en un tanque.

El transmisor de pH es similar a los de conductividad, poseen un microprocesador que da valores de pH y temperatura.

En la instalación se encuentran los siguientes pH-metros descritos:

- En el depósito intermedio.
- En la línea de alimentación a los filtros de cartucho.
- En la línea de alimentación a las membranas.
- En la línea de agua producto antes del depósito de equilibrio osmótico.
- En la línea de agua tratada lista para distribución.

- *Transmisor e indicador de temperatura*

El Pt-100 es un sensor de Temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0°C le corresponden 100 ohmios y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero sí creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas se encuentra la temperatura exacta a la que corresponde.

En la instalación se encuentran instalados en las siguientes líneas:

- En el depósito intermedio.
- En la línea de alimentación a las membranas.

- *Sensores de nivel*

Se emplean para llevar a cabo el control del nivel de líquido en los depósitos de la instalación.

En la planta se encuentran instalados en:

- En el depósito intermedio.
- En el depósito de agua producto.

- *Presostatos*

Son elementos de protección de los equipos. Cuando se superan los valores de consigna dados a sus sensores provocan la apertura del contacto normalmente cerrado y paran el equipo al que están asociados.

Hay presostatos de baja instalados en la admisión de todas las bombas para evitar la cavitación, que producen la parada de las mismas. Y presostatos de alta en la alimentación a las membranas por si se supera la presión de trabajo máximo admisible de las mismas, poder parar la bomba de alta presión.

- *Válvulas de control*

La instalación dispone de una válvula de control electrónica en la impulsión del grupo de alta presión, antes de la entrada del agua de alimentación a las membranas. Son las encargadas de regular en cada momento la presión de alimentación a las membranas, que variará con el tiempo en función del rendimiento de las mismas.

8.12 CABLES DE CONEXIONADO

Es el componente indispensable para el transporte de energía eléctrica entre los diferentes bloques del sistema fotovoltaico.

Es inevitable que ocurra la pérdida de energía en forma de calor, debido a que la resistencia eléctrica del conductor nunca es nula. La elección de un cable conductor representa un compromiso entre un valor bajo de resistencia y el coste del mismo. Dentro de la gama de materiales existentes, el cobre presenta una buena solución, al ser un material ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica.

La resistencia de un material conductor viene dada por la expresión:

$$r = \frac{(\rho \cdot L)}{A}$$

Donde:

- r representa el valor de la resistencia lineal en Wm, y depende del material conductor y de la temperatura de trabajo que alcanza el conductor,
- L la longitud del conductor en m,
- A es el área de la sección del conductor en m²,
- resistencia del material,

La expresión anterior indica que para una longitud determinada, un aumento del diámetro significa una menor caída de voltaje en el cable (menor pérdida de energía). Esto implica que en el diseño del cableado se deberán tener en cuenta las caídas de tensión producidas en los conductores debido a la resistencia de los mismos. Concretamente, en el caso de instalaciones fotovoltaicas, los conductores de la parte de corriente continua, deberán tener sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1,5% y los conductores de corriente alterna para que la caída de tensión sea inferior del 0,5 %. Para ello las secciones de los cables utilizados en nuestra instalación, deben calcularse en función de la máxima potencia de pérdidas admisibles para la instalación.

Para determinar la sección mínima normalizada del cableado, se han tenido en cuenta dos criterios:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70° C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90° C para cables con aislamientos termoestables. Se aplicará un factor de seguridad de un 25 %.

- Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia de tensiones en el

origen y extremo de canalización. Esta caída de tensión debe de ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación (en el caso de CC inferior al 1,5% y en CA inferior al 0,5%), con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser determinante cuando las líneas son de larga longitud.

Los cables seleccionados son RV-K 0,6/1kV del fabricante CABLENA S.A. Son cables de cobre aislados con polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC).



Figura 34

Fuente: Fabricante CABLENSA S.A.

Este cable para distribución de energía es adecuado para conexiones industriales de baja tensión. Su alta flexibilidad facilita substancialmente el proceso de instalación y, en consecuencia, es particularmente adecuado en trazados difíciles. Puede ser enterrado o instalado en un tubo, así como a la intemperie, sin requerir protección adicional.

El cable RV-K 0.6/1KV soporta entornos húmedos incluyendo la total inmersión en agua. Algunas características del cable "RV-K 0.6/1 kV " son:

- El uso de conductores flexibles de cobre, así como los materiales de aislamiento y cubierta, hacen a este cable altamente flexible.
- El aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) permite una gran transmisión de potencia así como una mayor resistencia a sobrecargas. Adicionalmente, alcanza una temperatura máxima de servicio del conductor de 90 °C.
- El uso de cable flexible aumenta notablemente la velocidad de instalación, lo que en muchos casos significa menores costes de instalación.
- La cualidad de no propagación de la llama del cable RV-K 0.6/1KV contribuye a mejorar la seguridad general de la instalación.
- El diseño de RV-K 0.6/1KV permite instalar este cable en casi cualquier entorno: en el exterior, enterrado, en condiciones húmedas o incluso sumergido en agua.

Características técnicas:

- Conductor de cobre electrolítico recocido, clase 5 según IEC 60228.
- Aislamiento de XLPE con cubierta de PVC flexible. La mezcla especial de PVC utilizada ofrece una excelente protección al ataque químico y a la absorción de agua.
- Tensión nominal máxima 0,6/1 kV.
- Temperatura máxima 90°.
- Construcción según norma UNE 21.123.

8.13 PROTECCIONES

Las instalaciones deberán seguir las normas de protección de personas, dispuestas en el reglamento electrónico de baja tensión o legislaciones posteriores vigentes.

Como principio general se debe garantizar un grado mínimo de aislamiento eléctrico para equipos y materiales, se deberán incluir elementos necesarios que garanticen la seguridad de las personas frente a contactos eléctricos, especialmente en aquel tipo de instalaciones de operación superior a 50V.

Los materiales ubicados a la intemperie deberán tener un grado de protección IP65, deberán estar protegidos contra factores ambientales, en particular los efectos de la radiación solar y la humedad. Los materiales ubicados en el interior tendrán un grado de protección IP32. Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética que serán garantizadas por el fabricante.

El sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente, y deberá acreditarse mediante la descripción técnica de los dispositivos de protección y elementos de conexión previstos en cualquier instalación, entre los cuales se incluyen:

- Interruptor general magnetotérmico.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en caso de derivación en la parte continua de la instalación.
- Interruptor automático de interconexión, para la conexión-desconexión automática de la instalación fotovoltaica, en caso de pérdidas de tensión o frecuencia en la red.
- En conexiones de red trifásica, las protecciones para interconexión de máxima y mínima frecuencia, y máxima y mínima tensión, que se instalarán para cada fase.

Se deberán incluir todas las protecciones necesarias para la instalación, contra cortocircuitos, sobrecargas, y sobretensiones.

Sobrecargas:

Sobrecarga es el exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento, una avería o una demanda excesiva de carga. Una sobrecarga no despejada a lo largo del tiempo puede degenerar en cortocircuito.

El efecto principal de una sobrecarga es el calentamiento de los conductores a temperaturas no admisibles, provocando el deterioro de los mismos y de sus aislantes, y reduciendo su vida útil.

El objetivo final de protección contra sobrecargas es permitir aquellas que correspondan a un servicio normal, pero desconectándolas con antelación para que no se sobrepase el tiempo de sobrecarga admisible.

El dispositivo de protección podrá ser o un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o un cortocircuito fusible (ITC-BT-22).

Cortocircuitos:

Cortocircuito es la unión de dos o más partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial entre sí a través de una pequeña impedancia. El origen suele estar en una conexión incorrecta o en un defecto de aislamiento.

La protección contra cortocircuitos deberá estar diseñada para limitar los esfuerzos de origen térmico y dinámico al mínimo, debiendo detectarlos y despejarlos.

Sobretensiones:

Sobretensión es la elevación de la tensión a valores muy altos durante un transitorio de pocos milisegundos. El Reglamento de BT contempla tres tipos de sobretensiones, que son la sobretensión tipo rayo (causada por descargas atmosféricas), la sobretensión tipo maniobra (generalmente provocadas por conmutaciones en la red) y la sobretensión a frecuencia industrial (provocada por defectos en la red).

Puesta de tierra

Para instalaciones con tensiones nominales superiores a 48V, se debe instalar un circuito de tierra. Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

8.14 ESTRUCTURA SOPORTE Y ANCLAJE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS

Uno de los elementos auxiliares importantes de un sistema fotovoltaico es la estructura que soporta los paneles. Esta ha de proporcionar un buen anclaje del generador solar y ha de resistir a la acción de los elementos atmosféricos (viento, nevadas) afectando a las cargas mecánicas que han de soportar las estructuras y a los materiales que las componen, así como a la orientación o inclinación de los paneles para el mejor aprovechamiento de la radiación.

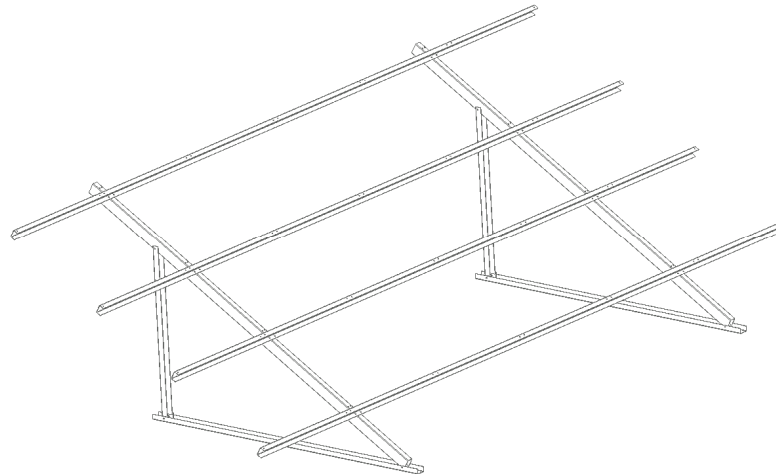


Figura 35: Estructura soporte para paneles fotovoltaicos

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Consiste en una estructura soporte fija diseñada para una inclinación de los módulos solares fotovoltaicos de 30° y orientada hacia el sur.

Se ha previsto una altura al suelo de unos 0,3 metros, adecuada para evitar que la vegetación pueda sombrear la estructura. Cada uno de estos cuerpos, tiene 2 soportes triangulares o caballetes y un total de 4 anclajes al suelo.

El soporte ha de resistir los esfuerzos que transmite la estructura, ya que esta por si misma solo actúa como transmisor resistente de ellos. Los principales esfuerzos que debe resistir son:

- Los derivados de la fuerza del viento en cualquier dirección. La estructura se calcula para soportar vientos de hasta 140 km/h cumpliendo el actual CTE.
- Propio peso de la estructura y módulos soportados.
- Peso de nieve sobre la superficie de los módulos. Cumpliendo el actual CTE.

Atendiendo a los esfuerzos a soportar se diseña sobre zapata aislada de hormigón. La instalación más común es sobre zapata de hormigón hormigonada in-situ.

La estructura necesita para su correcta instalación unos puntos de unión consistentes en unas varillas roscadas o pernos emergentes del soporte, normalmente de M16, y de una longitud suficiente para el correcto anclaje y nivelación.

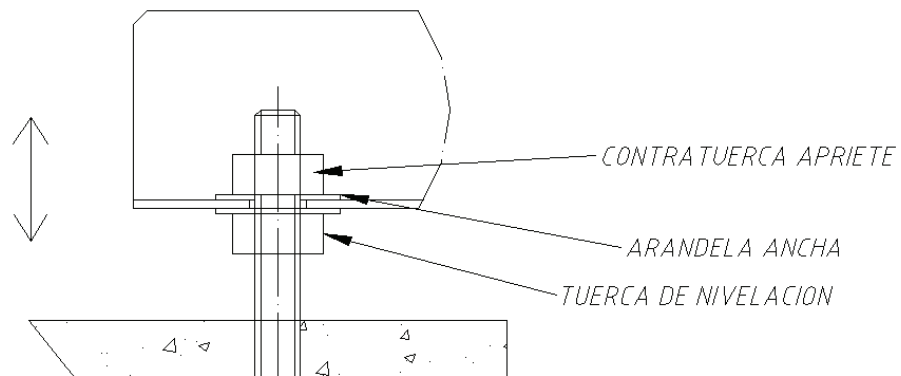


Figura 36: Detalle de anclaje y nivelación sobre zapata

Componentes de la estructura

Cada cuerpo de estructura se compone de varios subconjuntos según el siguiente gráfico:

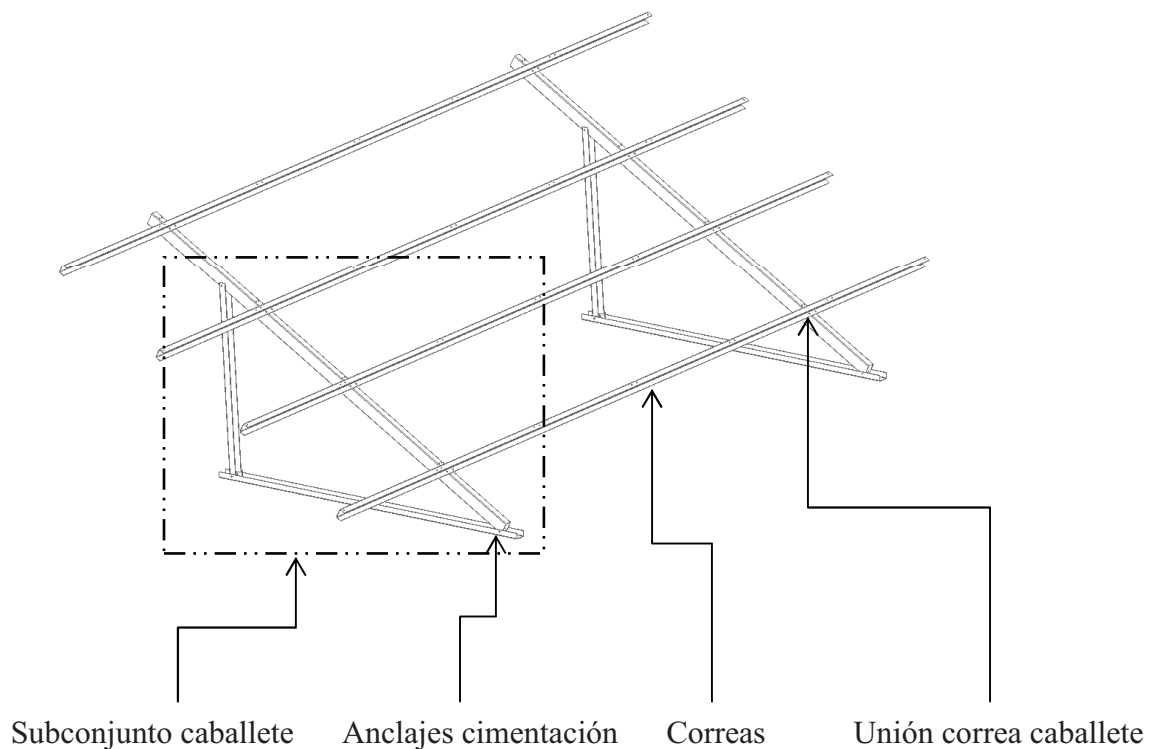
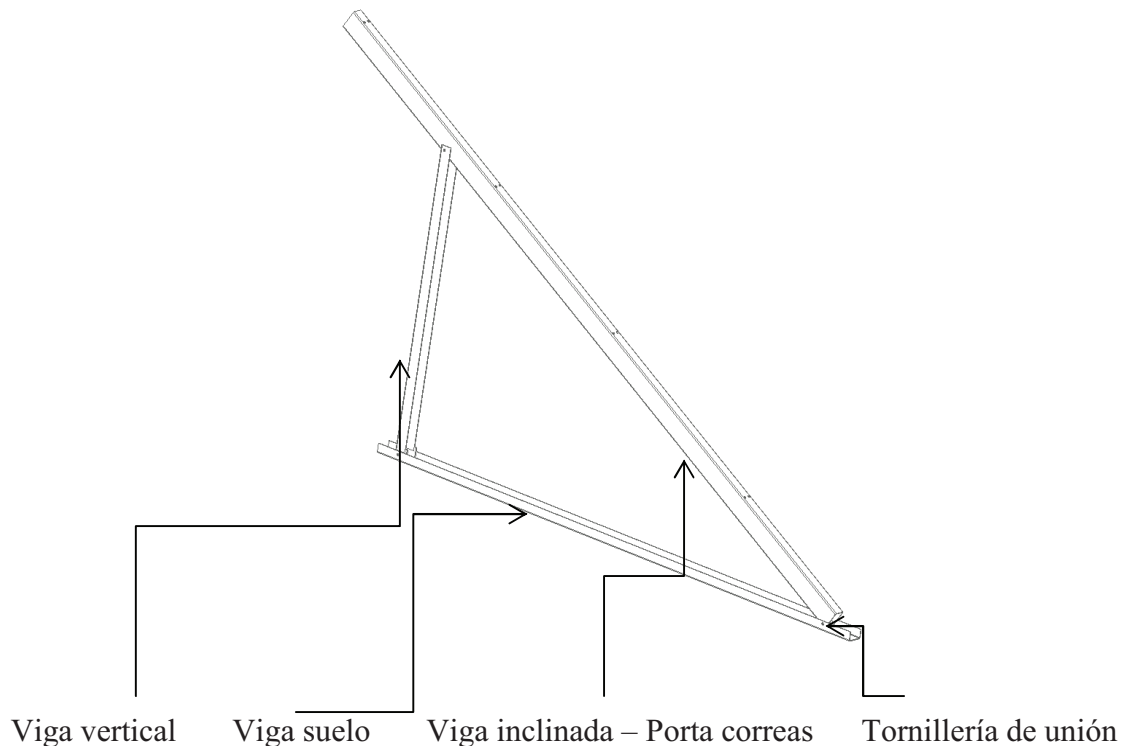


Figura 37: Componentes de la estructura

SUBCONJUNTO CABALLETE**Figura 38**

La estructura se diseña y dimensiona de forma sencilla gracias a su sistema modular. De este modo la estructura está formada por 2 caballetes.

Para todas las disposiciones de la estructura se asegura la resistencia estructural frente a las condiciones de viento y condiciones climáticas según la normativa vigente en el lugar de instalación.

CORREAS

Las correas de soporte para los módulos son unos perfiles de sección continua de acero. Normalmente fabricadas en base a chapa de acero de resistencia adecuada (acero S275) sometida a un proceso de conformado por laminado o plegado posterior. También se realizarán taladros mediante punzonado o corte por láser o plasma en línea.

Se realiza en secciones abiertas para facilitar el montaje y correcto apriete de los tornillos de fijación a otros componentes. Las secciones son abiertas de sección C o Z con similares resistencias. La sección Z permite a su vez una sencilla operación de apriete de tornillos mediante medios mecánicos. Permite asimismo el remachado de los módulos.

Las dimensiones son un canto de 60 mm, unas alas de 30 mm y un espesor de 3 mm.

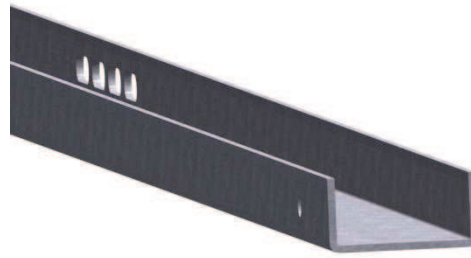


Figura 39: Perfil de acero abierto de sección en C

Lleva un recubrimiento posterior por galvanizado en caliente de un espesor mínimo de 80 micras, que asegura una buena resistencia a la corrosión y durabilidad, cumpliendo la legislación actual.

VIGA INCLINADA

La viga inclinada de soporte para las correas está formada por un perfil cerrado de sección rectangular. Las dimensiones exteriores son de 40 x 80 mm y espesor 2,25 mm. El material es acero de construcción de calidad S275. Lleva orificios taladrados para el montaje sobre ella del resto de componentes del caballete. Sobre éstos orificios se montan tuercas remaches estandarizadas para permitir la fijación atornillada del resto de componentes obteniendo correctos pares de apriete asegurando una fijación fiable a largo plazo.

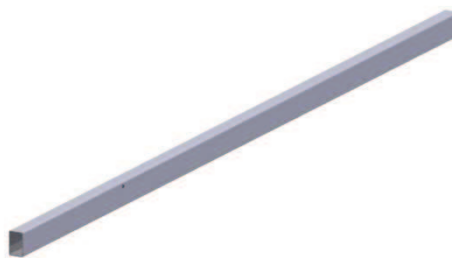


Figura 40: Perfil de acero cerrado de sección rectangular

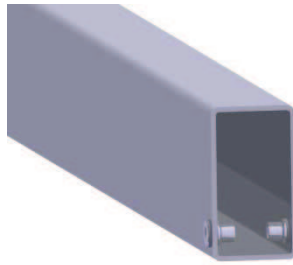


Figura 41: Perfil de acero cerrado de sección rectangular con tuercas remaches

También lleva un recubrimiento posterior por galvanizado en caliente de un espesor mínimo de 80 micras, que asegura una buena resistencia a la corrosión y durabilidad. Las tuercas remaches son de acero con un recubrimiento cincado.

VIGA SUELO

La viga suelo es un perfil continuo de acero de sección C. La fabricación es mediante proceso de laminación y conformado en continuo o bien plegado desde chapa laminada. Las dimensiones base del perfil son de 60 mm de canto y alas de 30 mm. El espesor es de 3 mm.

La viga suelo lleva practicados los orificios para el montaje contra la viga inclinada y el puntal, así como los orificios para el montaje sobre los anclajes de la cimentación.



Figura 42: Perfil de acero de sección en C

La viga suelo lleva un recubrimiento posterior por galvanizado en caliente de un espesor mínimo de 80 micras.

VIGA VERTICAL O PUNTAL

Denominamos puntal, a la pieza vertical que cierra el triángulo que compone el caballete. Se trata de una viga de sección continua C de canto aprox. 60 mm y alas de entre 30 mm dependiendo de la configuración definitiva. El espesor normal es de 3 mm.

El puntal lleva practicados en su extremo superior los taladros para el paso de los tornillos de montaje contra la viga inclinada y en la parte inferior orificios para el montaje contra la viga de suelo, bien con tornillos y tuercas, o bien con tuerca remache.

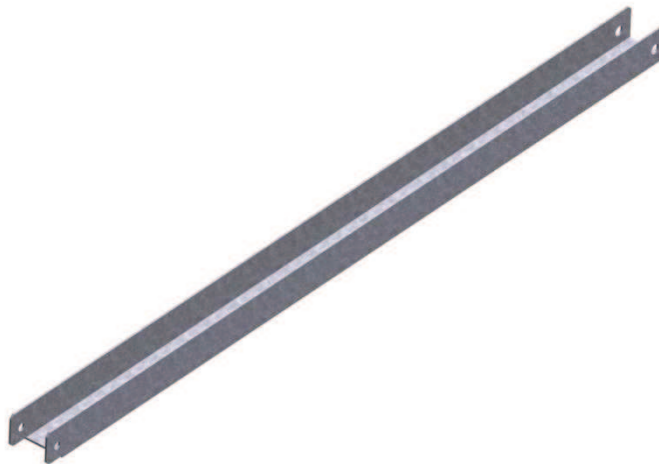


Figura 43: Perfil de acero de sección en C

El puntal también lleva un recubrimiento posterior por galvanizado en caliente de un espesor mínimo de 80 micras.

ABARCONES DE AMARRE DE CORREAS

Para el amarre de las correas sobre la viga inclinada de los caballetes, se emplean unos abarcones. Se trata de unas piezas de conexión fabricadas a partir de varilla de acero roscada y cincada. Los abarcones son de calidad 6,9. El empleo de estos abarcones permite un montaje muy flexible de las correas sobre los caballetes, de forma que se pueden resolver problemas de planitud, o desnivel fácilmente.

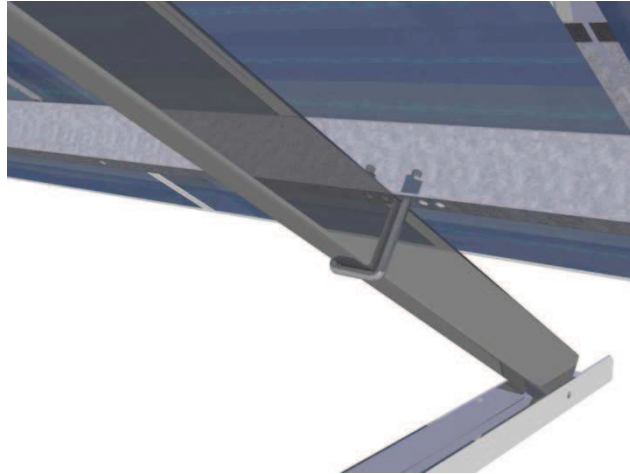


Figura 44: Abarcón amarrado a correa

TORNILLERÍA

Toda la tornillería y elementos de unión de los componentes entre si, así como los de amarre de los módulos, son de acero de calidad 8,8 con tratamiento cincado para asegurar su resistencia a la corrosión.

MONTAJE DE MÓDULOS

Para el montaje de los módulos sobre la estructura se ha previsto la fijación mediante tornillos. Sistema más común de montaje. El módulo se amarra mediante tornillos y tuercas a través de sus propios orificios.

Anclajes al soporte

Los anclajes a la cimentación para el montaje de la estructura se ha hacen mediante perno roscado:

- Tuerca + arandela de espera. Esta tuerca permitirá la nivelación cuando coloquemos encima la estructura. La arandela es de tipo ancha para mejorar la transmisión de esfuerzos a la estructura.

- Una vez colocada y nivelada la estructura, se colocará sobre ella una contra tuerca + arandela ancha, para fijar la posición. El montaje queda según detalle:

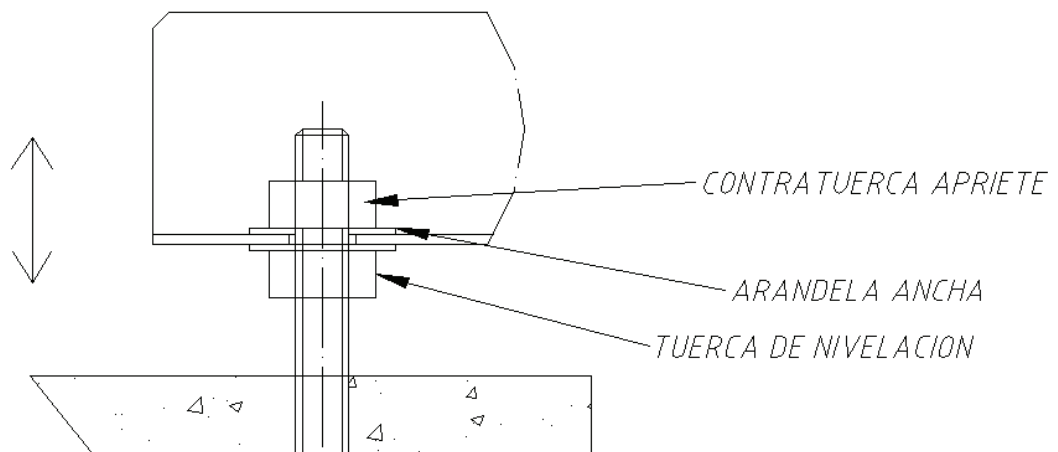


Figura 45: Anclaje a los soportes

En el montaje sobre picas, se ha de disponer de piezas especiales para el montaje según detalle:

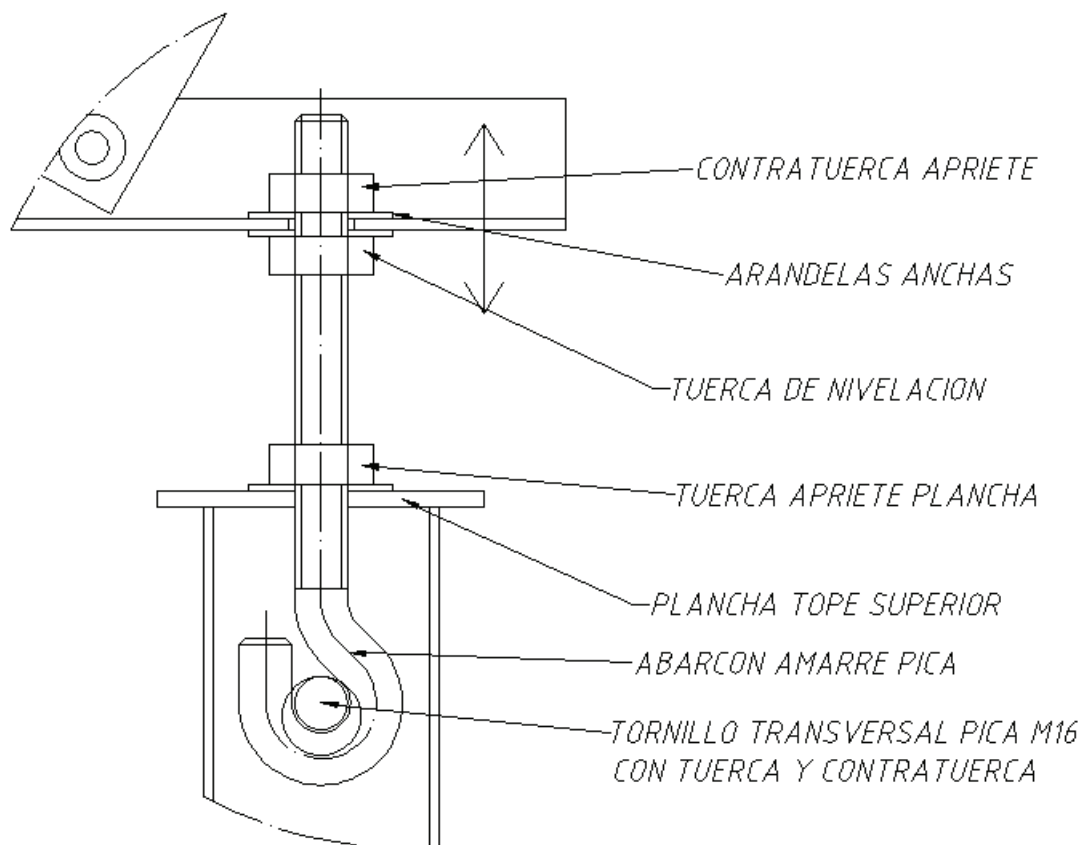


Figura 46: Detalle anclaje a soporte

De ésta manera la estructura soporte queda bien sujeta al terreno y pueda resistir las acciones ambientales como pueden ser viento, nieve y lluvia y las acciones propias resultantes del peso de los módulos y otros materiales.

9. CATALOGOS, GRÁFICAS Y TABLAS

En este apartado se adjuntan todas las fichas técnicas de los equipos utilizados en el diseño de la instalación. Además se adjuntan las tablas y gráficas que han sido necesarias durante la elaboración del diseño de la instalación.

FILTRO HORIZONTAL CALPLAS Ø 1440 - 2800



Características de diseño

Modelo HORIZONTAL: Filtración

| | | | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|-------|
| Diametro | Ø1440 - 2800mm | Presión de diseño | 2.5 kg/cm ² | Temperatura de diseño | 40° C |
| Longitud cilíndrica | Segun modelo | Presión de prueba | 3.75 kg/cm ² | | |

Otros datos

| | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| 2 Bocas de hombre elípticas | Difusores de poliéster | Boca de vaciado |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|

Materiales

| | |
|---|--|
| Cuerpo (cilindro + fondos + Apoyos): Poliéster laminado reforzado con fibra de vidrio (PRFV) | Distribuidor superior: Difusores de poliéster laminado reforzado con fibra de vidrio (PRFV) |
| Entrada/Salida: Bridas en poliéster laminado reforzado con fibra de vidrio (PRFV) | Distribuidor inferior: Polipropileno y PVC |
| Tapa boca de hombre elíptica: Poliéster laminado reforzado con fibra de vidrio (PRFV) | Boca de vaciado: Acero plastificado con tapón de PVC |

Fabricación y código de diseño

Poliéster laminado reforzado con fibra de vidrio con orientación de la fibra según las tensiones de trabajo.

Código de diseño: AD MERKBLATTER & BRITISH STANDARD.



2 Bocas de hombre elípticas



La distribución de colectores se adecua a cada modelo. Varía según las dimensiones.



Conexiones:
Bridas en PRFV



Distribución inferior de brazos



Difusores de PRFV

| DIAMETRO Ø | 1440 | | | | 1640 | | | | 1840 | | | | 2040 | | | | 2340 | | | | 2550 | | | | 2800 | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Longitud Total L (mm) | 2900 | 3700 | 4500 | 5300 | 6100 | 3120 | 3920 | 4720 | 5520 | 6320 | 3100 | 3900 | 4700 | 5500 | 6300 | 3360 | 4160 | 4960 | 5660 | 6460 | 3520 | 4300 | 5100 | 5800 | 6600 | 3450 | 4350 | 5150 | 6000 | 6850 | 3680 | 4530 | 5360 | 6260 | 7040 |
| Superficie Filtrante (m ²) | 3,9 | 5 | 6,2 | 7,35 | 8,5 | 4,65 | 6 | 7,2 | 8,5 | 9,8 | 5,22 | 6,64 | 8,11 | 9,55 | 11,11 | 6,5 | 8 | 9,5 | 11 | 12,7 | 7,4 | 9,3 | 11,2 | 13 | 15 | 8 | 10 | 12,3 | 14,4 | 16,5 | 9,3 | 11,6 | 13,9 | 16,4 | 18,5 |

CALPLAS - Tel : +34 943 490 501 - Fax: +34 943 492 663 - <http://www.calplas.com> - calplas@calplas.com

HARMSCO® FILTER CARTRIDGES

801 Series

NSF

Certified to
ANSI/NSF-61

Highly efficient filter cartridges made of pleated Polyester-Plus™ filter media for low pressure drop, high flow capability, increased contaminant removal, long filter runs, reusability and the lowest cost per gallon filtered.

Features:

- Pleated design with up to 50% more surface area than competitive filters resulting in superior performance & increased contaminant removal
- Longer filtration runs for fewer change-outs and less maintenance
- Low pressure drop
- Thermally bonded for longer usable life
- FDA approved materials - NSF 61 certified
- Engineered media for superior performance



Specifications:

Seven micron ratings and color coded end caps for easy identification.

Micron Rating (nominal) - Removal efficiencies are shown at right based on tests conducted by the Microtrac Division of Leeds & Northrup Co.

| Micron Ratings | Percentage Removal |
|----------------|--------------------|
| 0.35 μ | 99.9% |
| 1 μ | 99.9% |
| 5 μ | 99.9% |
| 10 μ | 99.5% |
| 20 μ | 98.5% |

Filter media: Polyester-Plus
End caps: Plastics or Urethane (pliable)
Center tubes: ABS, PP, OR, PVC
Temperature: 140°F (standard cartridges)
 200°F (high temp. cartridges)

Flow rate: 3-6 GPM
pH: 3 to 11
Surface area: 801-Series: 6 sq. ft. per 9-3/4" length (approx.)
Dimensions: 2-3/4" O.D.; 1-1/16" I.D.
Shrink wrap: Single length cartridges are available shrink wrapped



Harmsco® Filtration Products

P.O. Box 14066, North Palm Beach, FL 33408
 (561) 848-9628 • Toll Free: (800) 327-3248
 Fax: (561) 845-2474 • e-mail: sales@harmsco.com



260
 ©Royce B. McClure
 020 4/07

Harmsco® Up-Flow Filters

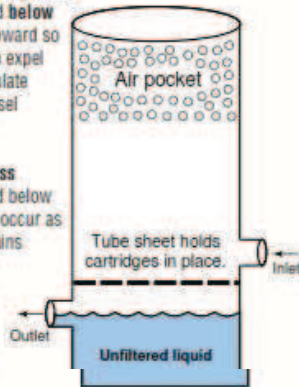


| Filter Model | HIF 7 | HIF 14 | HIF 16 | HIF 21 | HIF 24 | HIF 42 | HIF 75 | HIF 100 | HIF 150FL | HIF 200FL |
|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Flow rate(U.S. GPM) | Up to 30 | Up to 60 | Up to 75 | Up to 90 | Up to 100 | Up to 175 | Up to 300 | Up to 400 | Up to 600 | Up to 800 |
| Flow rate (LPM) | Up to 113 | Up to 226 | Up to 284 | Up to 340 | Up to 397 | Up to 662 | Up to 1,135 | Up to 1,514 | Up to 2,271 | Up to 3,028 |
| Flow rate (M3HR) | Up to 7 | Up to 14 | Up to 16 | Up to 21 | Up to 24 | Up to 42 | Up to 75 | Up to 100 | Up to 150 | Up to 200 |
| Cartridges | 7RD 9-3/4 7 Singles | 7RD 19-1/2 7 Doubles | 8RD 19-1/2 8 Doubles | 7RD 29-1/4 7 Triples | 8RD 29-1/4 8 Triples | 14RD 29-1/4 14 Triples | 25RD 29-1/4 25 Triples | 50RD 19-1/2 50 Doubles | 50RD 29-1/4 50 Triples | 100RD 19-1/2 100 Doubles |

Typical Competitive Multi-Cartridge Filters

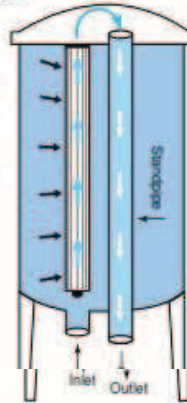
Potential for air entrapment.
With outlets located below inlets, air travels upward so vents are needed to expel air that can accumulate within the filter vessel during operation.

Potential for by-pass
With outlets located below inlets, by-pass can occur as unfiltered liquid drains downward to the sump while the cartridges are removed. This may result in by-pass when the filter is put back into service.

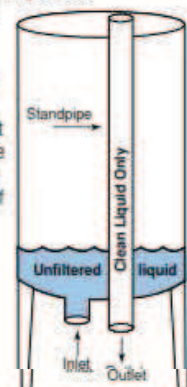


Harmsco® HIF Up-Flow Filters

No air entrapment
Air is self purged from Harmasco® Up-Flow filters because outlets (top of standpipes) are at the high point of the filters.



No by-pass during service
No liquid can by-pass Harmasco® filters during servicing because outlet standpipes are always on the "clean side" of the filter.



Harmsco® All Stainless Filter Housing

Filters come with stainless steel holding rods, bottom plate and standpipes for high temperatures 200°F, (93°C) and aggressive chemicals. O-rings are Buna-N; rim gaskets are EPDM; other options, including viton available.

Note:
Optional 222 by flat end configuration accepts seven cartridges and is available for HIF 7SS through HIF 24SS.

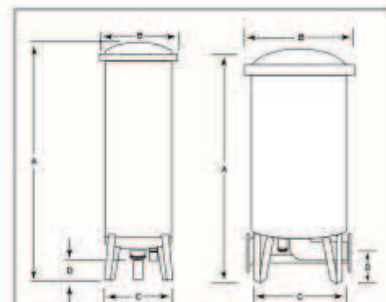


| Model | Flow Rate | Pipe Size | Ship Wt. |
|----------|------------|-----------|---------------|
| HIF 7SS | To 30 GPM | 1-1/2" | 30 lbs. 14 Kg |
| HIF 14SS | To 60 GPM | 1-1/2" | 40 lbs. 18 Kg |
| HIF 16SS | To 75 GPM | 2" | 42 lbs. 19 Kg |
| HIF 24SS | To 100 GPM | 2" | 52 lbs. 24 Kg |



Harmsco® Filtration Products

P.O. Box 14066, North Palm Beach, FL 33408
(561) 848-9628 • Toll Free: (800) 327-3248 • Fax: (561) 845-2474
e-mail: sales@harmasco.com

| Model | A | B | C | D | Service Ht. Clear | Inlet | Outlet | Drain |
|-----------|---------|-----|-----|---------|-------------------|------------|------------|-------|
| HIF 7 | 15-1/2" | 13" | 13" | 3-1/2" | 36" | 1-1/2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 14 | 28" | 13" | 13" | 3-1/2" | 48" | 1-1/2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 16 | 28" | 13" | 13" | 4" | 48" | 2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 21 | 37" | 13" | 13" | 3-1/2" | 68" | 1-1/2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 24 | 37" | 13" | 13" | 4" | 68" | 2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 42 | 40" | 18" | 18" | 5-3/8" | 68" | 2" NPT | 1" NPT | |
| HIF 75 | 42" | 20" | 20" | 6-3/8" | 70" | 3" NPT | 1-1/2" NPT | |
| HIF 100 | 52" | 20" | 20" | 5-7/8" | 87" | 3" NPT | 1-1/2" NPT | |
| HIF 150FL | 48" | 28" | 28" | 5-3/16" | 76" | 4" flange | 1-1/2" NPT | |
| HIF 200FL | 58" | 28" | 28" | 5-3/16" | 83" | 4" flange | 1-1/2" NPT | |

** To center of flange fittings



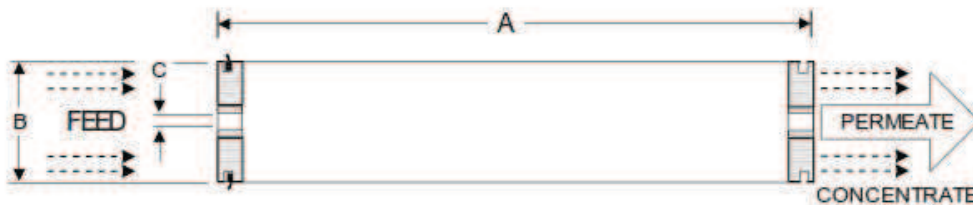
| Membrane Element | | SWC4 MAX |
|---|--|---|
| Performance: | Permeate Flow: | 7,200 gpd (27.3 m ³ /d) |
| | Salt Rejection: | 99.8 % (99.7 % minimum) |
| | Boron Rejection (Typical): | 93.0% [†] |
| Type | Configuration: | Spiral Wound |
| | Membrane Polymer: | Composite Polyamide |
| | Membrane Active Area: | 440 ft ² (40.8m ²) |
| Application Data* | Maximum Applied Pressure: | 1200 psig (8.27 MPa) |
| | Maximum Chlorine Concentration: | < 0.1 PPM |
| | Maximum Operating Temperature: | 113 °F (45 °C) |
| | pH Range, Continuous (Cleaning): | 2-11 (1-13)* |
| | Maximum Feedwater Turbidity: | 1.0 NTU |
| | Maximum Feedwater SDI (15 mins): | 5.0 |
| | Maximum Feed Flow: | 75 GPM (17.0 m ³ /h) |
| | Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element: | 5:1 |
| Maximum Pressure Drop for Each Element: | 10 psi | |

* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

- 32,000 ppm NaCl
- 800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure
- 77 °F (25 °C) Operating Temperature
- 10% Permeate Recovery
- 6.5 - 7.0 pH Range



| A, inches (mm) | B, inches (mm) | C, inches (mm) | Weight, lbs. (kg) |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| 40.0 (1016) | 7.89 (200) | 1.125 (28.6) | 36 (16.4) |



PROGRAMA DE FABRICACIÓN

HIDROTECAR



PRESENTACIÓN
BOMBAS TERRESTRES
BOMBAS NAVALES
BOMBAS AEROPUERTOS



HIDROTECAR

Características

| | | |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Q ≤ 700 m ³ /h | n ≤ 1.5000 r.p.m. | P. máx. ≤ 100 Kg/cm ² |
| H ≤ 600 m | t ≤ 160° C | |

Aplicaciones

Manejo de líquidos limpios o ligeramente turbios, sin impurezas sólidas. Apropriada en los siguientes campos: alimentación de calderas, evacuación en minas, centrales hidráulicas y de agua caliente.

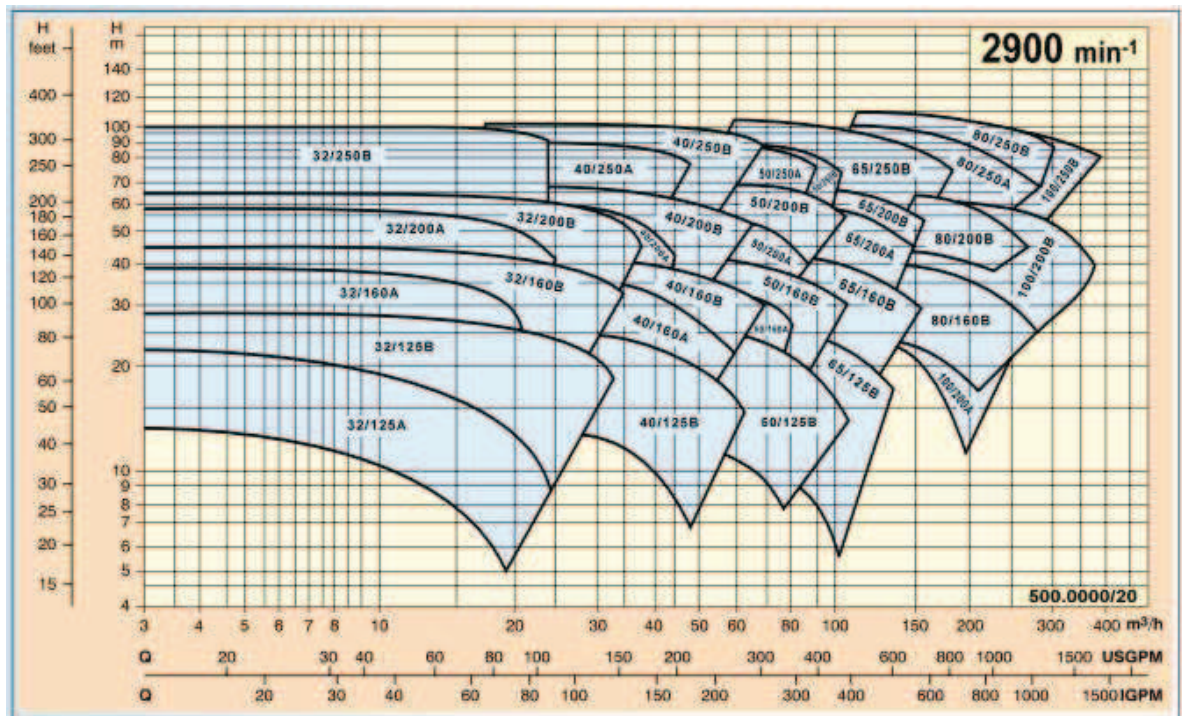
Descripción

- Bomba centrífuga horizontal multicelular, con los rodetes de simple aspiración de palas helicoidales.
- Equilibrado del empuje axial con plato de compensación.
- La carcasa de la bomba está compuesta por los cuerpos de aspiración e impulsión y los cuerpos intermedios.
- Provista de anillos de desgaste intercambiables.
- El rotor de la bomba se sustenta sobre dos cojinetes de deslizamiento, lubricados por aceite.
- El cierre del eje puede realizarse con empaquetaduras o cierres mecánicos apropiados al medio bombeado.
- El sentido de giro podrá ser a derechas o a izquierdas.

LE



Bomba centrífuga horizontal multicelular.



10. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

Normativa de carácter estatal.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Normativa de carácter autonómico.

- Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.
- Decreto 216/1998, de 20 de noviembre, por el que se regula la organización y el funcionamiento del Registro de Instalaciones de Producción Eléctrica.

Normas UNE.

Las principales son las siguientes:

- UNE-EN 61725 (noviembre 1998): Expresión analítica para los perfiles solares diarios.
- UNE-EN 61215 (abril 1997): Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 60891 (1994): Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica i-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- UNE-EN 60904-1 (1993): Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad-tensión de los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 60904-2 (1998): Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.
- UNE-EN 60904-6 (1998): Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.
- UNE-EN 61194 (1995): Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
- UNE-EN 61277 (abril 2000): Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
- UNE-EN 61173 (abril 1998): Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía – Guía.

BIBLIOGRAFÍA

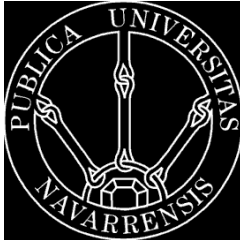
- “Aguas del Telde”, Gestión Integral de Servicios, S.A.
- Medina San Juan, José Antonio. “Desalación de aguas salobres y de mar. ÓsmosisInversa”. Ediciones Mundi-Prensa.
- Miguel Alonso Abella, “Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al diseño ydimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica”. Segunda edición. 2005
- Varios autores. “Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica”. Sandia National Laboratories. 2001
- Vicente Muñoz Díez, “Sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua”. Grupo de Investigación IDEA (Universidad de Jaén)
- “Tratamiento del agua por procesos de membrana”. A. W. W. A. Ed. McGraw-Hill
- Fariñas Iglesias M. Osmosis inversa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Ed. McGraw Hill (1999).
- Veza JM. Introducción a la desalación de aguas. Publicaciones Universidad de las Palmas (2002).
- ”Pliego de Condiciones Técnicas en Instalaciones Aisladas de red”, Departamento de energíasolar de IDAE.

Direcciones de Internet:

- www.acinesgon.es
- www.calplas.es
- www.flowtite.es
- www.harmsco.es
- www.hidranautics.es
- www.hidrotecar.es
- www.itur.es

Otras referencias:

- Desaladora Fuerteventura
- Instituto Tecnológico Canario.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

DOCUMENTO Nº 2: CÁLCULOS

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. BALANCE DE MATERIA..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 DATOS DE PARTIDA..... | 1 |
| 2. DISEÑO DEL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO | 3 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2.2 FILTROS DE ARENA | 4 |
| 2.3 FILTROS DE CARTUCHO | 5 |
| 2.4 DOSIFICACIÓN DE ANTI-INCRUSTANTE | 5 |
| 2.5 DOSIFICACIÓN DE REDUCTOR..... | 6 |
| 3. DIMENSIONADO DE LA UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA..... | 7 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN | 7 |
| 3.2 SELECCIÓN DE LA MEMBRANA | 7 |
| 3.3 CÁLCULO DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD) | 7 |
| 3.4 CÁLCULO DE LA PRESIÓN OSMÓTICA..... | 9 |
| 3.5 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MEMBRANAS Y TUBOS DE PRESIÓN..... | 14 |
| 3.6 CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE OPERACIÓN | 19 |
| 4. SISTEMA DE POSTRATAMIENTO..... | 20 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN | 20 |
| 4.2 DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO SÓDICO..... | 20 |
| 5. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA | 21 |
| 5.1 DIMENSIONADO DE LAS TUBERIAS | 21 |
| 5.2 PÉRDIDAS DE CARGA..... | 31 |
| 5.3 CARGA ÚTIL Y SELECCIÓN DE LAS BOMBAS..... | 35 |
| 5.3.1 BOMBAS DE CAPTACIÓN | 35 |
| 5.3.2 BOMBA DE ALTA PRESIÓN | 37 |
| 6. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 38 |
| 6.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MÓDULOS..... | 38 |
| 6.1.1 NÚMERO DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN..... | 39 |
| 6.1.2 NÚMERO DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN | 40 |

1. BALANCE DE MATERIA

1.1. INTRODUCCIÓN

Se parte de que actualmente en la isla de Lanzarote, la demanda de agua potable es de 180 l/hab/día. Por ello, se va a diseñar una instalación desaladora de agua de mar abastecida con una planta fotovoltaica que sea capaz de producir 542 m³/día de agua potable para abastecer una población aproximada de 3.000 habitantes.

1.2. DATOS DE PARTIDA

- **Análisis del agua de alimentación**

A continuación, se adjunta la **Tabla 1** con la composición iónica del agua de mar (Océano Atlántico, Lanzarote), según datos facilitados por Aguas de Telde, Gestión Integral del Servicio, S.A:

| Parámetros | Concentración (mg/Litro) corriente Alimentación |
|--------------|--|
| Calcio | 587 |
| Magnesio | 1320 |
| Sodio | 11201,2 |
| Potasio | 460 |
| Aluminio | 0,06 |
| Amonio | 0,5 |
| Boro | 3,2 |
| Bicarbonatos | 152,5 |
| Sulfatos | 2525,8 |
| Cloruros | 19880 |
| Floruros | 0,74 |
| Nitratos | 6,1 |

Tabla 1: Composición iónica del agua del mar
Fuentes: Aguas de Telde, Gestión integral del Servicio

Por tanto, tenemos en nuestra agua de alimentación un total de 36.137,1 ppm de sólidos totales disueltos (STD).

Otros datos en el diseño de las instalaciones de ósmosis inversa son la temperatura media del agua del mar, el pH, el índice de turbidez y el índice de ensuciamiento (SDI). En nuestro caso:

- $T = 20^{\circ}\text{C}$
- $\text{pH} = 7,7$
- Índice de turbidez (NTU) < 1
- Índice de ensuciamiento (SDI) < 2

- **Características y calidad deseadas del agua producto.**

En cuanto a la calidad del agua producto, es cumplir con el RD 140/2003, del 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

- $\text{STD} < 500 \text{ mg/L}$
- Dureza = 60 mg/L de Ca
- $\text{pH} = 6,5 - 9,5$

1.3. BALANCE DE MATERIA INICIAL

De forma general se tiene que:

$$Q_A = Q_p + Q_R \quad (1)$$

$$Q_A = \frac{Q_p}{\eta} \quad (2)$$

Dónde:

El caudal de alimentación, Q_A (m^3/h)

El caudal de permeado o caudal agua producto, Q_p (m^3/h)

El caudal de rechazo o salmuera, Q_R (m^3/h)

Conocidos el caudal de agua producto y el rendimiento global, resolvemos el balance materia.

El caudal de agua producto o caudal de permeado demandado es:

$$Q_p = 542,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_p = \frac{542,88 \text{ m}^3/\text{día}}{8 \text{ h/día}} = 67,86 \text{ m}^3/\text{h} = 0,01885 \text{ m}^3/\text{s}$$

La configuración de la unidad de ósmosis será de un solo paso y la conversión global del proceso del 47%.

El caudal de alimentación de la bomba de alta presión y las membranas de osmosis inversa es:

$$Q_A = \frac{542,88}{0,47} = 1.155,6 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_A = \frac{1.155,06 \text{ m}^3/\text{día}}{8 \text{ h/día}} = 144,38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,0401 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conocidos el caudal de alimentación y el caudal de permeado despejamos el caudal de rechazo:

$$Q_R = Q_A - Q_p = 1.155,06 - 542,88 = 612,18 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_R = \frac{612,18 \text{ m}^3/\text{día}}{8 \text{ h/día}} = 76,52 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02125 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conocidos el caudal de alimentación total que alimenta a la planta desaladora y teniendo en cuenta que se van a instalar dos bombas de captación obtenemos el caudal que suministra cada bomba. Siendo:

$$Q_B = \frac{1.155,06 \text{ m}^3/\text{día}}{2 \text{ bombas}} = 577,53 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_B = \frac{577,53 \text{ m}^3/\text{día}}{8 \text{ h}} = 72,19 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02005 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

Se va a diseñar el sistema de pretratamiento, tanto físico como químico, que se van a llevar a cabo en la instalación.

El sistema de Pretratamiento va a ser el siguiente:

- Pre-tratamientos físicos:
 - Filtración grosera con los filtros de arena
 - Filtración de afino con los filtros de cartucho
- Pretratamientos químicos:
 - Dosificación de anti-incrustante
 - Dosificación de reductor

A continuación se diseñan cada uno de los equipos.

2.2. FILTROS DE ARENA

La filtración en arena se encuentra dentro de los pretratamientos físicos a los que es sometida el agua de mar antes de su acceso a la unidad de ósmosis inversa. Con ella se consigue la eliminación de los sólidos suspendidos y la reducción de la concentración de coloides que pueda tener el agua de mar.

El filtro elegido es el filtro horizontal serie H del fabricante Calplas. Sus dimensiones son:

- Diámetro = 2,55 m
- Longitud = 6,5 m
- Superficie filtrante = 14,4 m²

La velocidad de filtración para este tipo de filtros, según fabricante, debe estar comprendida entre 7-12 m/h, siendo de 10 m/h el máximo en el caso de estar todos los filtros operativos.

A continuación se determinará el número de filtros necesarios a instalar. Para ello se aplica la expresión siguiente:

$$N_{\text{filtros}} = \frac{Q_{\text{filtrar}}}{V_{\text{filtro}} \cdot S_{\text{filtro}}} \quad (3)$$

Dónde:

- N_{filtros} es el número de filtros de arena a instalar.
- Q_{filtrar} es el caudal de agua a tratar (m³/h).
- S_{filtro} es la sección de cada filtro (m²).
- V_{filtro} es la velocidad de filtración recomendada (m/h).

El caudal de agua a filtrar es de 144,38 m³/h. La sección de los filtros es 14,4 y como la velocidad de filtración recomendada como máxima es de 10 m/h, se puede determinar que el número de filtros a instalar es:

$$N_{\text{filtros}} = \frac{144,38}{10 \cdot 14,4} = 1,002 \cong 2$$

Se instalarán dos filtros de arena.

Sin embargo, es necesario determinar la velocidad de filtración real en el caso de tener todos los filtros operativos (no debe de sobrepasar de 10 m/h). Luego:

$$V_{\text{filtración filtros}} = \frac{144,38}{14,4 \cdot 2} = 5,01 \text{ m/h} < 10 \text{ m/h}$$

Por tanto el resultado obtenido es válido:

$$N_{\text{filtros}} = 2$$

2.3. FILTROS DE CARTUCHO

El segundo de los pre-tratamientos físicos es la filtración de seguridad o filtración por cartuchos. El cometido de esta filtración es proteger a las membranas de partículas en suspensión. Los fabricantes de membranas establecen el tamaño máximo de partícula en 5 micras.

Los filtros de cartuchos elegidos son de la firma Harmsco. En él entran 100 cartuchos de 1250 mm. Los cartuchos elegidos son de la serie 801. Debido a que el tamaño de las partículas a retener es de 5 micras como mínimo, el filtro de cartucho a instalar será el 801-5.

El caudal de alimentación a tratar por los filtros es de 144,38 m³/h. Asumiendo caudales normales de operación de 0,7 m³/h por cartucho elemental de 250 mm, para unidades de 1250 mm tendremos que el caudal de operación es de 3,5 m³/h. A continuación se determina el número de filtros de cartuchos necesario por línea de operación:

$$N_{FC} = \frac{Q_{\text{filtrar}}}{Q_{FC}} \quad (4)$$

Dónde:

- N_{FC} es el número de filtros de cartucho a instalar.
- Q_{filtrar} es el caudal de agua a tratar (m³/h).
- Q_{FC} es el caudal de operación del filtro de cartucho (m³/h).

Sustituyendo en la expresión anterior se obtiene:

$$N_{FC} = \frac{144,38}{3,5} = 41,25 \cong 42$$

Si en cada porta-filtro hay 25 filtros de cartucho de 1250 mm el número de porta-filtros a instalar en la línea será de dos.

2.4. DOSIFICACIÓN DE ANTI-INCRUSTANTE

La dosificación de anti-incrustante tiene como objetivo evitar los depósitos de las sales incrustantes, tales como sulfato cálcico y sulfato de bario, en las membranas. Estos depósitos producen una disminución en el rendimiento de la instalación y un aumento en la presión de operación.

El anti-incrustante elegido es un ácido poli-carboxílico neutralizado. La dosis recomendada por el fabricante es 0,8-1,5 mg/L.

A continuación se determina el caudal de anti-incrustante que es necesario añadir:

$$Q_d = \frac{c \cdot Q_f}{\rho} \quad (5)$$

Dónde:

- c es la dosis de producto a añadir, 1,5 g/m³
- Q_f es el caudal de agua de alimentación a tratar, 144,38 m³/h
- ρ es la densidad del producto a utilizar, 1,16 g/cm³.

Luego, sustituyendo se tiene que el caudal de disolución a inyectar es:

$$Q_d = \frac{1,5 \cdot 144,38}{1,16 \cdot 10^6} = 1,867 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h} = 0,1867 \text{ l/h}$$

2.5. DOSIFICACIÓN DE REDUCTOR

La dosificación de reductor tiene como objetivo reducir la actividad de los agentes oxidantes de forma que se garantice la ausencia total de cloro libre. Además, regula el crecimiento biológico, y actúa contra las incrustaciones (regula el pH).

La eliminación del oxígeno del agua favorece la protección de las partes metálicas de la instalación de la corrosión y como consecuencia protege a las membranas de dichos productos corrosivos.

El punto de inyección es después de los filtros de arena y después de los filtros de cartucho, ya que se elimina el cloro libre justo antes de la entrada a las membranas. Luego se dosificará en estos puntos.

El reductor seleccionado es el metabisulfito sódico.

La dosis recomendada es de 3 mg/L. Como la solución comercial es al 40%, la dosis a inyectar será de 7,5 mg/L.

A continuación se determina el caudal de reductor que es necesario añadir:

$$Q_d = \frac{c \cdot Q_f}{\rho} \quad (6)$$

Dónde:

- c es la dosis de producto a añadir, 7,5 g/m³

- Q_f es el caudal de agua de alimentación a tratar, 144,38 m³/h
- ρ es la densidad del producto a utilizar, 1,34 g/cm³

Sustituyendo se tiene que el caudal de disolución a inyectar es:

$$Q_d = \frac{7,5 \cdot 144,38}{1,16 \cdot 10^6} = 9,335 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h} = 0,9335 \text{ l/h}$$

3. DIMENSIONADO DE LA UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA

3.1. INTRODUCCIÓN

Para el diseño de la unidad de ósmosis inversa se han seguido la siguiente secuencia de cálculo:

- a) Selección de la membrana.
- b) Cálculo de los sólidos totales disueltos.
- c) Cálculo de la presión osmótica.
- d) Cálculo del número de membranas y tubos de presión.
- e) Cálculo de los factores de corrección, cálculo del flujo de diseño, cálculo del número de membranas y tubos de presión reales.
- f) Cálculo de la presión de operación
- g) Cálculo del rendimiento real de la instalación.

3.2. SELECCIÓN DE LA MEMBRANA

La membrana elegida será asimétrica, de poliamida aromática y con una configuración de arrollamiento en espiral.

La membrana elegida es la SWC4 MAX del fabricante Hydranautics.

A continuación se detallan alguna de las características de dicha membrana:

- $Q_p = 27,3 \text{ m}^3/\text{d}$
- % Rechazo sales = 99,7-99,8%
- Área activa = 40,8 m²

3.3. CÁLCULO DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)

Conocidos los caudales volumétricos de todas las corrientes y las concentraciones de los distintos iones en la corriente de alimentación, se calculan las concentraciones de estos mismos iones en las corrientes de permeado y rechazo. Para ello se resuelve el balance de materia:

$$Q_f = Q_p + Q_R \quad (7)$$

$$Q_F \cdot C_F = Q_P \cdot C_P + Q_R \cdot C_R \quad (8)$$

Despejando de la ecuación, la concentración del permeado para el componente i, se tiene que:

$$C_{pi} = \frac{C_{Fi} \cdot Q_F - C_{Ri} \cdot Q_R}{Q_P} \quad (9)$$

Por otro lado, conocidos la concentración de la alimentación para el componente i, detallada en el **APARTADO 1.2**, el rechazo de sales de la membrana (**APARTADO 3.3**) y la conversión global del sistema (**APARTADO 1.3**), se determina la concentración del rechazo para el componente i:

$$C_R = \frac{RS \cdot C_F}{1 - \eta} \quad (10)$$

El porcentaje de rechazo (RS) de la membrana es 99,7%.

Realizando el cálculo de la concentración para el Calcio en el rechazo se tiene:

$$C_R = \frac{0,997 \cdot 587}{1 - 0,47} = 1.104,224 \text{ mg/Litro}$$

Y la concentración de Calcio en el permeado:

$$C_P = \frac{0,003 \cdot 587}{1 - 0,47} = 3,322 \text{ mg/Litro}$$

Realizando el cálculo para todos los componentes, se obtiene, como puede verse a continuación en la **Tabla 2**, las composiciones de cada una de las corrientes.

| Parámetros | Concentración (mg/L) corriente Rechazo | Concentración (mg/L) corriente Permeado | Concentración (mg/L) corriente Alimentación |
|--------------|--|---|---|
| Calcio | 1104,224 | 3,322 | 587 |
| Magnesio | 2483,094 | 7,472 | 1320 |
| Sodio | 21070,937 | 63,403 | 11201,2 |
| Potasio | 865,32 | 2,604 | 460 |
| Aluminio | 0,113 | 0,0003 | 0,06 |
| Amonio | 0,941 | 0,002 | 0,5 |
| Boro | 6,019 | 0,018 | 3,2 |
| Bicarbonatos | 286,873 | 0,863 | 152,5 |
| Sulfatos | 4751,363 | 14,297 | 2525,8 |
| Cloruros | 37396,906 | 112,528 | 19880 |
| Floruros | 1,392 | 0,004 | 0,74 |

| | | | |
|----------|--------|-------|-----|
| Nitratos | 11,475 | 0,035 | 6,1 |
|----------|--------|-------|-----|

Tabla 2. Composición corrientes alimentación, rechazo y permeado.

Sumando todas las composiciones se obtienen los sólidos totales disueltos en cada una de las corrientes.

STD permeado = 204,548 mg/L

STD rechazo = 67.978,657 mg/L

STD alimentación = 36.137,1 mg/L

De esta forma se comprueba que nuestra agua producto cumple con el RD.140/2003 el cual establece que los STD deben ser inferiores a 500 mg/L.

3.4. CÁLCULO DE LA PRESIÓN OSMÓTICA

Si dos disoluciones acuosas de diferente concentración se encuentran separadas por una membrana semipermeable aparece un diferencial de presión entre los dos lados de la membrana llamada presión osmótica.

Si se aplica artificialmente, al lado de la disolución, una presión superior a la presión osmótica, comienza a pasar agua desde la disolución de mayor concentración a la de menor, purificando ésta última y obteniendo por tanto, un agua de pureza admisible. Por ello, es importante conocer la presión osmótica del agua de alimentación, ya que a partir de ella se determinará la presión de trabajo de las bombas de alta presión. Esta última condicionará el consumo energético del proceso, de aquí, su gran importancia.

Consideraciones termodinámicas permiten establecer que la relación existente entre la presión osmótica de una solución y la concentración de sustancias que la componen viene dada por la ecuación (Ósmosis inversa, Manuel Fariñas):

$$\pi = - \left(\frac{R \cdot T}{V_0} \right) \cdot \ln a_0 \quad (11)$$

Dónde:

π : presión osmótica de la solución.

a_0 : actividad del solvente (agua).

R = constante de los gases perfectos.

T = temperatura absoluta en grados Kelvin.

V_0 = volumen molar parcial del solvente en la solución.

La actividad del agua en una solución, teniendo en cuenta que en 1 kg de agua hay 55,51 moles, viene dada por la ecuación:

$$\ln a_0 = \frac{\sum m_i}{55,51} \cdot \theta \quad (12)$$

Sustituyendo el valor de la actividad del agua obtenemos que la presión osmótica queda:

$$\pi = 0,08308 \cdot \theta \cdot (t+273,16) \cdot \sum m_i \quad (13)$$

Dónde:

π : Presión osmótica (bares)

θ : Coeficiente osmótico.

t : Temperatura del agua (°C)

Σm_i : Sumatorio de las molalidades de todos los constituyentes de la solución, tanto iónicos como no iónicos.

La molalidad de cada componente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$m_i = \frac{C_i}{1.000 \cdot P_{mi} \cdot \frac{10^6 - \text{STD}}{10^6}} \quad (14)$$

Dónde:

C_i : Concentración del componente i de la solución expresada en mg/L

P_{mi} : Peso molecular del componente i

STD: Contenido en sales totales de la solución en mg/L

Y el coeficiente osmótico θ viene dado por la relación siguiente:

$$\theta = 1 - \frac{S}{3,375 \cdot I} \cdot \left(A - 2 \cdot \ln A - \frac{1}{A} \right) + B \cdot I + C \cdot (I)^2 \quad (15)$$

Dónde I e I' son fuerzas iónicas y S , A , B y C coeficientes empíricos; para calcularlos se utilizan las siguientes expresiones:

$$I = \frac{1}{2} \cdot \sum (m_i \cdot Z_i^2) \quad (16)$$

$$I' = \frac{1}{2} \cdot \sum m_i \quad (17)$$

$$S = 1,17202 \cdot \left(\frac{\sum m_i \cdot Z_i^2}{\sum m_i} \right) \cdot \left[\frac{23375,556}{(t+273,16) \cdot D} \right]^{3/2} \cdot \rho^{1/2} \quad (18)$$

Donde la densidad se calcula como:

$$\rho = 1,00157 - 1,56096 \cdot 10^{-4} \cdot T - 2,69491 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \quad (19)$$

$$A=1+1,5 \cdot l^{1/2} \quad (20)$$

$$B=6,72817 - \frac{348,662}{T+273,16} - 0,971307 \cdot \ln(T+273,16) \quad (21)$$

$$C = \frac{40,5016}{(T + 273,16)} - 0,721404 + 0,103915 \cdot \ln(T+273,16) \quad (22)$$

$$D=233,76 + \frac{5321}{(T+273,16)} - 0,9297 \cdot (T + 273,16) + 0,001417 \cdot (T + 273,16)^2 - 8,292 \cdot 10^{-7} \cdot (T + 273,16)^3 \quad (23)$$

A continuación se realizan los cálculos correspondientes. A modo de ejemplo se harán para la corriente de alimentación. Para ello se parte de los datos de composición y peso molecular de cada ión tabulados a continuación.

| Parámetros | Concentración (mg/L) corriente Alimentación | Peso Molecular (g/mol) |
|--------------|---|------------------------|
| Calcio | 587 | 40,08 |
| Magnesio | 1320 | 24,32 |
| Sodio | 11201,2 | 22,99 |
| Potasio | 460 | 39,1 |
| Aluminio | 0,06 | 87,63 |
| Amonio | 0,5 | 55,85 |
| Boro | 3,2 | 24,80 |
| Bicarbonatos | 152,5 | 61,02 |
| Sulfatos | 2525,8 | 96,07 |
| Cloruros | 19880 | 35,46 |
| Fluoruros | 0,74 | 19 |
| Nitratos | 6,1 | 62,01 |

Tabla 3: Composición y peso molecular de cada componente.

Se determinan los sólidos totales disueltos en la corriente de alimentación:

$$STD = \sum C_i = 36.137 \text{ mg/Litro}$$

A continuación se realiza el cálculo de la molalidad de la corriente de alimentación. Para ello es necesario obtener primero la molalidad de cada componente, y después con el sumatorio de todas se tendrá la molalidad de la corriente. Para el caso del calcio según la expresión 14:

$$m_i = \frac{C_i}{1.000 \cdot PM \cdot \frac{10^6 \cdot \text{STD}}{10^6}} = \frac{C_i}{1.000 \cdot PM \cdot \frac{10^6 \cdot 36137}{10^6}} = 0,014 \frac{\text{mol}}{1.000 \text{gramos}} \text{ de agua}$$

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

| Parámetros | mi (mol/1000 g de agua) |
|--------------|-------------------------|
| Calcio | 0,014 |
| Magnesio | 0,054 |
| Sodio | 0,488 |
| Potasio | 0,011 |
| Aluminio | 0 |
| Amonio | 0 |
| Boro | 0 |
| Bicarbonatos | 0,002 |
| Sulfatos | 0,026 |
| Cloruros | 0,562 |
| Fluoruros | 0 |
| Nitratos | 0 |

Tabla 4: Molalidades componentes.

Seguidamente se calcula la valencia de cada ión.

| Parámetros | Valencia (Zi) |
|--------------|---------------|
| Calcio | 2 |
| Magnesio | 2 |
| Sodio | 1 |
| Potasio | 1 |
| Aluminio | 3 |
| Amonio | 1 |
| Boro | 3 |
| Bicarbonatos | 1 |
| Sulfatos | 2 |
| Cloruros | 1 |
| Fluoruros | 1 |
| Nitratos | 1 |

Tabla 5: Valencia componentes.

Con los datos de molalidad y valencia, se calculan las fuerzas iónicas. Para ello es necesario tener calculados los términos siguientes:

$$\begin{aligned} - \sum m_i &= 1,157 \text{ mol/1000 g de agua} \\ - \sum (m_i \cdot Z_i^2) &= 1,439 \end{aligned}$$

Por tanto:

$$\begin{aligned} - I &= 0,719 \\ - I' &= 0,5785 \end{aligned}$$

A continuación se calcula el valor del coeficiente osmótico y como se puede observar en su definición, para calcularlo son necesarios los siguientes datos:

- Fuerza iónica, calculada anteriormente.
- Correlaciones empíricas tales como A, B, C, D y S, definidas en párrafos anteriores:

$$\begin{aligned} A &= 2,271 \\ B &= 0,021 \\ C &= 0,007 \\ D &= 80,283 \end{aligned}$$

Para calcular S, es necesario calcular la densidad de la corriente primero. Para ello se parte de que la temperatura máxima de la corriente es 20 °C, de forma que:

$$\rho = 0,998$$

Luego:

$$S = 1,4403$$

Por tanto, el valor del coeficiente osmótico es:

$$\emptyset = 0,9015$$

Por último, utilizando todos los cálculos anteriores se determina la presión osmótica de la corriente de alimentación:

$$\Pi F = 25,404 \text{ bar}$$

Haciendo los mismos cálculos para las corrientes de permeados y rechazo, se obtiene que:

| Corriente | Presión Osmótica, Π (bar) |
|--------------|-------------------------------|
| Alimentación | 25,404 |
| Permeado | 0,15569 |
| Rechazo | 45,523 |

Tabla 6: Resultados cálculos presiones osmóticas.

3.5. CÁLCULO DEL NUMERO DE MEMBRANAS Y TUBOS DE PRESIÓN

Partiendo del caudal que es necesario producir y con los datos técnicos de la membrana elegida, tales como área y flujo específico, se puede hacer una estimación inicial del número de membranas que va a llevar el bastidor de ósmosis inversa.

- **Cálculo del número de membranas**

El número de membranas se representa por N y se determina a partir de la expresión siguiente:

$$N = \frac{Q_p}{J \cdot A} \quad (24)$$

Dónde:

Q_p : es el caudal de permeado que se quiere obtener, en este caso es de 542,88 m³/día.

J : es el flujo específico y se define como el volumen producido de agua desalada por unidad de superficie de membrana instalada y unidad de tiempo. Se expresa en m³/m²·día.

Luego:

$$J = \frac{Q}{A} \quad (25)$$

A : es el área nominal de la membrana.

El primer cálculo de membranas se hará para un flujo idealizado igual al máximo. Para ello se utiliza el caudal nominal de la membrana, proporcionado por el fabricante. Por tanto conocidos el caudal nominal y área de la membrana:

$$\begin{aligned} Q_n &= 27,3 \text{ m}^3/\text{día} \\ A &= 40,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sustituyendo en la expresión 25:

$$J_{\max} = \frac{Q_n}{A} = \frac{27,3}{40,8} = \frac{0,669 \text{ m}^3 \cdot \text{día}}{\text{m}^2} = 27,880 \text{ Litros} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Luego el número de membranas será según la expresión 24:

$$N = \frac{Q_p}{J \cdot A} = \frac{542,88}{0,669 \cdot 40,8} = 19,88 \approx 20 \text{ membranas}$$

- **Cálculo del número de tubos de presión**

Aplicando la recomendación del fabricante de utilizar 7 membranas por tubo e presión, se tiene que el número total de tubos de presión será:

$$\text{Tubos de presión} = \frac{20}{7} = 2,85 \approx 3$$

- **Caudal de agua producto**

El caudal de agua producto a través de una membrana semipermeable ideal viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_p = K \cdot \Delta P \quad (26)$$

Dónde:

- K es una constante característica de cada tipo de membrana
- ΔP es la diferencia de presión neta a través de la membrana

Cuando se diseña una instalación de OI y se quiere conocer su productividad real, en cuanto a caudal de agua producto se refiere, presente y futura, se han de realizar unas correcciones que tengan en cuenta las variaciones de los factores que influyen en los caudales específico con respecto a las condiciones normalizadas. De este modo, se han de considerar tres factores de corrección relacionados con la presión de operación, la temperatura del agua de alimentación y el tiempo de operación de la instalación. Todo esto puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$Q_p = f_p \cdot f_t \cdot f_T \cdot Q_{p,0}$$

Dónde:

- Q_p es el caudal producto de la planta de OI en las condiciones reales de trabajo
- $Q_{p,0}$ es el caudal producto de la planta en las condiciones normalizadas
- f_T es el factor de corrección de la productividad asociado a la presión
- f_p es el factor de corrección debido a la temperatura
- f_t es el factor de disminución del caudal específico de las membranas como consecuencia del tiempo de operación.

- **Cálculo de los factores correctores**

A continuación se determinan los factores correctores:

a.- Factor corrector de temperatura.

La temperatura es un factor importante a tener en cuenta en los procesos de ósmosis inversa, ya que afecta a la productividad de las membranas, a su degradación físico-química y a la solubilidad de determinadas sales.

Los fabricantes de membranas calculan la productividad de las mismas a 25°C, pero en la práctica raramente se tiene el agua de alimentación a esta temperatura. La variación de la misma, varía la productividad en torno a un 2-3% por cada grado de aumento o disminución.

En resumen, cuanto menor sea la temperatura del agua de alimentación mayor productividad se obtendrá, lo que permitirá utilizar un menor número de membranas o trabajar a presiones menores. Por el contrario, cuanto mayor sea la temperatura mayor es la velocidad de degradación de la membrana y, por tanto, menor será su vida media productiva.

Se establece empíricamente que:

$$f_t = \frac{Q_p(\theta)}{Q_p(25)} = A^{(\theta-25)} = \exp \left[K_T \left(\frac{T}{298} \right) \right] \quad (27)$$

Dónde:

$Q_{p(\theta)}$: caudal de producción de la planta a la temperatura θ Celsius.

$Q_{p(25)}$: caudal de producción de la planta a 25°C.

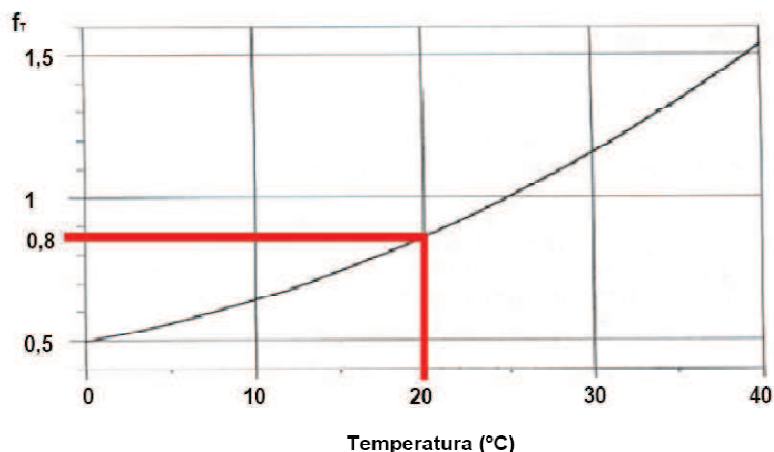
A: constante característica de cada tipo de membrana, generalmente con un valor próximo a la unidad.

T: temperatura en grados Kelvin.

K_T : constante dependiente del tipo de membrana.

El factor corrector de temperatura se puede determinar también mediante la gráfica que se muestra a continuación (**Gráfica**).

La temperatura de nuestra agua de alimentación es $T = 20^\circ\text{C}$, por tanto:



Gráfica 1: Factor de corrección de temperatura frente a la temperatura.

Fuente: Guía para la remineralización de las aguas desaladas, Manuel Hernandez-Suarez.

Entrando en la tabla con un valor de la temperatura de 20 °C, escogemos el factor de corrección de la temperatura:

$$f_T \approx 0,87$$

b.- Factor corrector de presión

El factor corrector de presión f_p se define como:

$$f_p = \frac{(P_m - \Delta\pi)_{\text{operación}}}{(P_m - \Delta\pi)_{\text{prueba}}} \quad (28)$$

Dónde:

P_m : presión de membrana, y se define como la presión requerida para que la separación ocurra. Está en función del flujo, del coeficiente de permeabilidad de la membrana y de la diferencia de presión osmótica a ambos lados de la membrana. Luego:

$$P_m = \frac{J_d}{A} + \Delta\pi_{F-R} \quad (29)$$

$\Delta\pi_{F-R}$: diferencia de presión osmótica entre la corriente de alimentación y rechazo. Para calcular el factor corrector de presión es necesario tener datos de operación y de prueba, luego:

Datos de operación:

El flujo máximo viene recomendado por el fabricante y en nuestro caso es 20,4 L/m²·h; el coeficiente de permeabilidad de nuestra membrana es 0,681 L/m²·h·bar; y del **APARTADO 3.5** obtenemos los datos de presiones osmóticas. Luego obtenemos que:

$$P_m = \frac{20,4}{0,681} + (45,523 - 25,404) = 50,07$$

$$\Delta\pi_{F-R} = 20,12 \text{ bar}$$

Datos de prueba:

Estos datos son facilitados por el fabricante de la membrana:

$$P_m = 55 \text{ bar}$$

$$\Delta\pi = 22,2 \text{ bar}$$

Por tanto sustituyendo en la expresión obtenemos que el factor corrector es:

$$f_p = \frac{(P_m - \Delta\pi)_{\text{operación}}}{(P_m - \Delta\pi)_{\text{prueba}}} = \frac{50,07 - 20,12}{55 - 22,2} = 0,913$$

$$f_p = 0,913$$

c.- Factor corrector del tiempo de operación.

Durante el período de tiempo de operación de una planta de ósmosis inversa, todas las membranas sufren cambios en su estructura física interna y en su superficie experimentando un fenómeno de compactación, lo que afecta a su permeabilidad. Es decir, las membranas se vuelven más densas y menos permeables al agua y a las sales.

El factor de descenso de flujo de agua a través de una membrana con el tiempo de operación se define como:

$$f_t = \frac{Q_p(t)}{Q_p(0)} \quad (30)$$

Dónde:

$Q_{p(t)}$: caudal de agua a tiempo t de operación de la planta.

$Q_{p(0)}$: caudal de agua en el momento de puesta en marcha de la planta.

En nuestro caso, el fabricante nos proporciona este factor y su valor es:

$$f_t = 0,79$$

A continuación, con los factores correctores obtenidos, se realiza la normalización del sistema y se determina el número de membranas de nuestra instalación.

- **Cálculo del flujo de diseño**

Haciendo uso de los factores correctores obtenidos en los apartados anteriores y de la expresión que se muestra a continuación, se calcula el caudal de diseño de nuestra membrana:

$$Q_d = Q_n \cdot f_p \cdot f_T \cdot f_t \quad (31)$$

Dónde:

Q_d : es el caudal de diseño de nuestra membrana

Q_n : es el caudal nominal de nuestra membrana, que es 27,3 m³/día

f_p : factor corrector de presión, que es 0,913

f_T : factor corrector de temperatura, que es 0,87

f_t : factor corrector tiempo, que es 0,79

Luego:

$$Q_d = 27,3 \cdot 0,87 \cdot 0,913 \cdot 0,79 = 17,13 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_d = 17,13 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con este caudal se obtiene que el flujo de diseño para nuestra membrana es:

$$J_d = \frac{Q_d}{A} = \frac{17,13}{40,8} = 0,419 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot \text{día} = 17,458 \text{ Litros}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$J_d = 17,458 \text{ Litros}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Con este valor obtenido se comprueba que la normalización es válida puesto que se encuentra entre los valores recomendados por el fabricante teniendo en cuenta las características de nuestra agua de alimentación. El valor típico que se recomienda usar como flujo de diseño es de $17 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

- **Cálculo del número de membranas y tubos de presión**

Una vez obtenido el flujo de diseño, se realiza el cálculo del número de membranas y tubos de presión que va a tener nuestra unidad de ósmosis inversa. Utilizando las expresiones definidas en el **APARTADO 3.5** se obtiene que:

$$N = \frac{Q_p}{J_d \cdot A} = \frac{542,88}{0,419 \cdot 40,8} = 31,7 \approx 32$$

Luego, como por tubo de presión se tienen 7 membranas, el número total de tubos de presión será:

$$\text{Tubos de Presión} = \frac{32}{7} = 4,57 \approx 5$$

3.6. CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE OPERACIÓN

La presión de operación es la presión necesaria para vencer la presión osmótica y conseguir la separación. Teniendo en cuenta el flujo de operación de las membranas, la presión requerida para que se dé el proceso es:

$$P_d = \frac{J_d}{A} + \Delta\pi_{R-R} = \frac{17,458}{0,681} + 20,12 = 45,75 \text{ bar}$$

Sin embargo, como se puede ver en la expresión anterior, no se están teniendo en cuenta las pérdidas que se producen en el sistema. Por ello es necesario determinar la presión óptima de rendimiento de la bomba de alta presión (presión recomendada de bombeo). Esta presión se determina mediante la expresión siguiente:

$$PRB = P_d + (0,1 \cdot \Delta P^* + 0,2) \quad (32)$$

Dónde ΔP^* es la diferencia de presión neta que se define como:

$$\Delta P^* = P_d - \Delta \pi_{F-R} \quad (33)$$

Por tanto se obtiene que la presión recomendada de bombeo es:

$$PRB = 45,75 + (0,1(45,75 - 20,12) + 0,2) = 48,51 \text{ bar}$$

$$\mathbf{PRB = 48,51 \text{ bar}}$$

La presión recomendada de bombeo obtenido es un valor lógico, dicha presión deber ser de 20 a 30 bar superior a la presión osmótica de alimentación.

4. SISTEMA DE POSTRATAMIENTO

4.1. INTRODUCCIÓN

El permeado final obtenido tras el proceso de ósmosis inversa posee una baja concentración de iones así como un pH bajo. Por ello, con el fin de adecuar el agua desalada a la normativa vigente (RD 140/2003) y reducir la agresividad del agua para así proteger los elementos de conducción al abastecimiento, se ha previsto de un desinfectante que es el hipoclorito sódico.

4.2. DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO SÓDICO

Debido a la adición del reductor antes de los bastidores de ósmosis inversa, el permeado obtenido tiene una muy baja concentración de cloro activo residual. Como consecuencia de esto, el agua producto corre peligro de contaminarse durante su almacenado y distribución a la red de abastecimiento.

Por ello se va añadir hipoclorito sódico con el fin de cumplir con la normativa vigente en cuanto a presencia de cloro residual.

La dosis en el diseño de este tipo de instalaciones es de 1-3 mg/L de producto puro. Tomando 2 mg/L y como la solución comercial adquirida es al 20%, la dosis a inyectar es 10 mg/L.

A continuación se determina el caudal de hipoclorito sódico que es necesario añadir:

$$Q_d = \frac{c \cdot Q_f}{\rho} \quad (34)$$

Dónde:

- c es la dosis de producto a añadir, 10 g/m³
- Q_f es el caudal de agua de alimentación a tratar, 144,38 m³/h

- ρ es la densidad del producto a utilizar, $1,048 \text{ g/cm}^3$.

Luego, sustituyendo se tiene que el caudal de disolución a inyectar es:

$$Q_d = 1,3776 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h} = 1,37 \text{ Litros/h}$$

5. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA

5.1. DIMENSIONADO DE LAS TUBERIAS

La instalación se divide en dos zonas bien diferenciadas atendiendo al material utilizado en las conducciones, denominadas *zona de alta presión* y *zona de baja presión*.

En nuestra instalación se utilizará PRFV (poliéster reforzado de fibra de vidrio) para las tuberías de baja presión y acero inoxidable AISI 316 L para las tuberías de alta presión.

Tuberías de baja presión:

A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para las tuberías de baja presión. Este consiste en hallar el diámetro del conducto por el que circula el agua, que será el diámetro nominal del fabricante inmediatamente superior al hallado en el procedimiento de cálculo. Para ello, se supone una velocidad de fluido. Conocido el caudal, el número de tuberías y una velocidad supuesta de 3 m/s, velocidad de caudal máxima recomendada por el fabricante FLOWTITE, obtenemos el diámetro del conducto.

Las expresiones utilizadas para realizar el dimensionado de tuberías se muestran a continuación:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v}} \quad (35)$$

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e \quad (36)$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (37)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (38)$$

- **Tuberías Impulsión bombas captación de agua de mar**

Denominación de las líneas: BO-1- PRFV-DN100 y BO-2-PRFV-DN100

Cada tubería de impulsión tendrá un caudal de:

$$Q_B = 72,19 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02005 \text{ m}^3/\text{s} = 20,05 \text{ l/s}$$

Conocidos el caudal de las bombas y una velocidad supuesta de 3 m/s, calculamos el diámetro (D) para elegir el material y las dimensiones que hay que utilizar para la tubería de impulsión de la bomba de captación del agua de mar.

Obtenemos el siguiente diámetro de tubería:

$$D_B = \sqrt{\frac{Q_B \cdot 4}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{0,02005 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,092 \text{ m} = 92 \text{ mm}$$

El material utilizado es PRFV. La tubería elegida es de PRFV del fabricante FLOWTITE, SN 10.000 y PN 10. Las dimensiones proporcionadas por el fabricante se muestran en la siguiente tabla:

| TUBERIA DE PRFV FLOWTITE SN 10.000 Y PN 10 | | |
|--|-----------|-----------|
| DN (mm) | Dext (mm) | Dint (mm) |
| 100 | 116,4 | 109,2 |

Tabla 7: Dimensiones tuberías líneas BO-1-PRFV-DN100 y BO-2-PRFV-DN100
Fuente: FLOWTITE

Conocido el diámetro interior:

$$D_{int} = 109,2 \text{ mm} = 0,1092 \text{ m}$$

Comprobamos si la tubería elegida es la correcta según las expresiones 37 y 38:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,1092^2}{4} = 0,0094 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,02005}{0,0094} = 2,1133 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \text{ m/s}$$

Queda comprobado que la velocidad supuesta es correcta y por tanto la tubería elegida es la adecuada.

El cálculo para las siguientes líneas es análogo al calculado para la línea: BO-1-PRFV-DN100.

- Tuberías de entrada a los filtros de arena

- Denominación de la línea: EFA-1-PRFV-DN100 y EFA-2-PRFV-DN100
- Tuberías de salida de los filtros de arena
 - Denominación de la línea: SFA-1-PRFV-DN100 y SFA-2-PRFV-DN100
- Tubería de entrada a filtros de cartuchos
 - Denominación de la línea: EFC-1-PRFV-DN100 y EFC-2-PRFV-DN100
- Tubería de salida a filtros de cartuchos
 - Denominación de la línea: SFC-2-PRFV-DN100 y SFC-2-PRFV-DN100

- **Tubería de alimentación a filtros de arena**

Denominación de la línea: AFA-PRFV-DN150.

El caudal de alimentación a los filtros de arena es:

$$Q_A = 144,38 \frac{m^3}{h} = 0,04011 m^3/s$$

Conocidos el caudal de alimentación a los filtros de arena y una velocidad supuesta de 3 m/s, según el fabricante, calculamos el diámetro de la conducción a partir de la ecuación:

$$D_A = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{0,04011 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,130 m = 130,465 mm$$

El material utilizado es PRFV. La tubería elegida es de PRFV del fabricante FLOWTITE, SN 10.000 y PN 10. Las dimensiones proporcionadas por el fabricante se muestran en la siguiente tabla:

| TUBERÍA DE PRFV FLOWTITE SN 10.000 Y PN 10 | | |
|--|-----------|-----------|
| DN (mm) | Dext (mm) | Dint (mm) |
| 150 | 168,4 | 158,8 |

Tabla 8: Dimensiones tubería línea AFA-PRFV-DN150.

Fuente: FLOWTITE

El diámetro interno de la tubería:

$$D_{int} = 158,8 mm = 0,1588 m$$

Comprobamos si la tubería elegida es la correcta según expresiones 37 y 38:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,1588^2}{4} = 0,01981 m^2$$

$$v = \frac{0,04011}{0,01981} = 2,024 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Queda comprobado que la velocidad supuesta es correcta y por tanto la tubería elegida es la adecuada.

El cálculo de las tuberías de las siguientes líneas es análogo al calculado para la línea AFA-PRFV-DN150.

- Colector de salida de filtros de arena a filtros de cartuchos:
Denominación de la línea: AFC-PRFV-DN150.
- Colector salida de filtros de cartucho a bomba de alta presión:
Denominación de la línea: AAP-PRFV-DN150.

- **Colector de agua permeada a depósito de agua producto**

Denominación de la línea: P- PRFV- DN100

El caudal de permealado o agua producto es:

$$Q_p = 67,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,01875 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo del Diámetro de la conducción a partir de la ecuación 35:

$$D_p = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{0,01885 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,0894 \text{ m} = 89,443 \text{ mm}$$

El material utilizado es PRFV. La tubería elegida es de PRFV del fabricante FLOWTITE, SN 10.000 y PN 10. Las dimensiones proporcionadas por el fabricante se muestran en la siguiente tabla:

| TUBERIA DE PRFV FLOWTITE SN 10.000 Y PN 10 | | |
|--|-----------|-----------|
| DN (mm) | Dext (mm) | Dint (mm) |
| 100 | 116,4 | 109,2 |

Tabla 9: Dimensiones tubería línea P- PRFV- DN100

Fuente: FLOWTITE

El diámetro interno de la tubería:

$$D_{\text{int}} = 109,2 \text{ mm} = 0,1092 \text{ m}$$

Comprobaciones a partir de ecuaciones 37 y 38:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,1092^2}{4} = 0,0094 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,01885}{0,0094} = 2,005 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Queda comprobado que la velocidad supuesta es correcta y por tanto la tubería elegida es la adecuada.

Tuberías de alta presión:

En la zona de alta presión, que se extiende desde la bomba de alta presión hasta el bastidor de membranas y desde la salida del rechazo del bastidor hasta el depósito de evacuación de salmuera, es imposible la utilización de materiales plásticos ya que ninguno es capaz de soportar las elevadas presiones a utilizar (50-60 bar).

Se recurre por tanto a aleaciones metálicas, pero teniendo en cuenta que además de tener que soportar elevadas presiones, deber ser muy resistentes a la corrosión. Para agua marina se ha comprobado que los mejores resultados en servicio los proporciona el acero inoxidable AISI 316.

A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para las tuberías de alta presión. Este consiste en hallar el diámetro del conducto por el que circula el agua, que será el diámetro nominal del fabricante inmediatamente superior al hallado en el procedimiento de cálculo. Conocido el caudal, el número de tuberías y una velocidad supuesta de 3 m/s, velocidad de caudal máxima recomendada por el fabricante, obtenemos el diámetro del conducto.

Las expresiones utilizadas para realizar el dimensionado de tuberías se muestran a continuación:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v}} \quad (39)$$

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e \quad (40)$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (41)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (42)$$

Como tensión máxima admisible se empleará el límite elástico del material con un coeficiente de seguridad de 1,5.

Para el dimensionamiento de las tuberías de acero se va a utilizar la expresión que relaciona la tensión que soporta una tubería de pared delgada ($R_i/e > 4$) en dirección radial.

Se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{\theta} = \frac{P \cdot R_i}{e} \text{ en dirección radial} \quad (43)$$

$$\frac{R_i}{e} > 4 \text{ hipótesis de pared delgada} \quad (44)$$

- **Colector de rechazo a depósito vertido salmuera**

Denominación de la línea RE-AISI316-SCH40S-DN101,6.

El caudal de rechazo de la tubería hasta el depósito de vertido de salmuera es:

$$Q_R = 76,52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,02125 \text{ m}^3/\text{s}$$

La presión del fluido se encuentra en torno a los 50 bares, pero se va a utilizar como presión máxima del fluido 55 bares, un 10% más para asegurar que la tubería podrá trabajar adecuadamente.

Suponiendo una velocidad de fluido de 3 m/s y conocidos la presión máxima que puede soportar la conducción y el límite elástico del acero inoxidable AISI 316 L, procedemos a realizar los siguientes cálculos

Datos:

$$v = 3 \text{ m/s}$$

$$P = 50 \text{ bar}$$

$$\sigma_e: \text{Límite elástico acero AISI 316 L} (230 \text{ Mpa}, 2300 \text{ bar})$$

Calculamos σ_{θ} :

$$\sigma_e = \frac{\sigma_e}{k} = \frac{2300}{1,5} = 1.533,33 \text{ bar}$$

Siendo k el coeficiente de seguridad que tiene un valor de 1,5.

Calculamos el Schedule de la tubería de acero para saber cual elegir.

$$Sch = \frac{1000 \cdot P}{\sigma_e} = \frac{1000 \cdot 55}{2300} = 23,91$$

Elegimos Schedule 40 S.

Cálculo del Diámetro de la conducción a partir de ecuación 39:

$$D_R = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = \sqrt{\frac{0,02125 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,0949 \text{ m} = 94,980 \text{ mm}$$

El material utilizado es Acero Inoxidable 316 L. La tubería elegida es SCHEDULE ASTM. Las dimensiones proporcionadas por el fabricante se muestran en la siguiente tabla:

| Tubería Schedule ASTM 40 S | | | |
|----------------------------|-----------|--------------|-----------|
| DN | Dext (mm) | espesor (mm) | Dint (mm) |
| 101,6 | 114,3 | 6,02 | 102,26 |

Tabla 10: Dimensiones tubería línea RE-AISI316-SCH40S-DN101,6.
Fuente: ACINESGON

Calculamos el diámetro interno mediante la expresión 40:

$$D_{\text{int}} = 114,3 - 2 \cdot 6,02 = 102,26 \text{ mm}$$

El espesor de pared tendrá el siguiente valor:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \sigma_e} = \frac{55 \cdot 102,26}{2 \cdot 1533,33} = 1,834 \text{ mm}$$

Estos son los valores mínimos de diámetro interno (D_i) y espesor de pared que debe tener la tubería.

$$\frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{102,26}{2 \cdot 1,834} = 27,87 > 4$$

Queda comprobado que la velocidad de flujo es correcta y que se cumple la hipótesis de pared delgada, por lo que la tubería es válida.

Comprobaciones a partir de ecuaciones 43 y 44:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,10226^2}{4} = 0,0082 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,02125}{0,0082} = 2,591 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \text{ m/s}$$

$$\frac{R_i}{e} = \frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{102,26}{2 \cdot 6,02} = 8,493 > 4$$

- **Tuberías de alimentación a membranas de osmosis inversa**

Denominación de la línea AM-AISI316-SCH40S-DN31,75.

El caudal de las tuberías de alimentación a las membranas de osmosis inversa es:

$$Q_M = 7,219 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = \sqrt{\frac{0,002 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,029 \text{ m} = 29,135 \text{ mm}$$

| Tubería Schedule ASTM 40 S | | | |
|----------------------------|-----------|--------------|-----------|
| DN | Dext (mm) | espesor (mm) | Dint (mm) |
| 31,75 | 42,16 | 3,56 | 35,04 |

Tabla 11: Dimensiones tubería línea AM-AISI316-SCH40S-DN31,75.

Fuente: ACINESGON

Calculamos el diámetro interno mediante la expresión 40:

$$D_{\text{int}} = 42,16 - 2 \cdot 3,56 = 35,04 \text{ mm}$$

El espesor de pared tendrá el siguiente valor:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \sigma_e} = \frac{55 \cdot 35,04}{2 \cdot 1533,33} = 0,628 \text{ mm}$$

Estos son los valores mínimos de diámetro interno (D_i) y espesor de pared que debe tener la tubería.

$$\frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{35,04}{2 \cdot 0,628} = 27,89 > 4$$

Comprobaciones a partir de ecuaciones 43 y 44:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,03504^2}{4} = 0,00096 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,002}{0,00096} = 2,083 \frac{m}{s} < 3 m/s$$

$$\frac{R_i}{e} = \frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{35,04}{2 \cdot 3,56} = 4,921 > 4$$

Queda comprobado que la velocidad de flujo es correcta y que se cumple la hipótesis de pared delgada, por lo que la tubería es válida.

- **Tuberías de salida membranas osmosis inversa**

Denominación de la línea SM-AISI316-SCH40S-DN31,75.

El caudal de las tuberías de salida de las membranas de osmosis inversa es:

$$Q_M = 7,219 \frac{m^3}{h} = 0,002 m^3/s$$

El cálculo de las tuberías de salida de las membranas de osmosis inversa es análogo a la tubería línea AM-AISI316-SCH40S-DN31,75.

- **Tubería impulsión bomba de alta presión a bastidor de osmosis inversa**

Denominación de la línea AP-AISI316-SCH40S-DN152,4.

El caudal de impulsión de la bomba de alta presión a los bastidores de osmosis inversa es:

$$Q_A = 144,38 m^3/h = 0,04011 m^3/s$$

Cálculo del Diámetro de la conducción a partir de ecuación:

$$D_A = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = \sqrt{\frac{0,04011 \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,130 m = 130,465 mm$$

| Tubería Schedule ASTM 40 S | | | |
|----------------------------|-----------|--------------|-----------|
| DN | Dext (mm) | espesor (mm) | Dint (mm) |
| 152,4 | 168,28 | 7,11 | 154,06 |

Tabla 12: Dimensiones tubería línea AP-AISI316-SCH40S-DN152,4.
Fuente: ACINESGON

Calculamos el diámetro interno mediante la expresión 40:

$$D_{\text{int}} = 152,4 - 2 \cdot 7,11 = 154,06 \text{ mm}$$

El espesor de pared tendrá el siguiente valor:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \sigma_e} = \frac{55 \cdot 154,06}{2 \cdot 1533,33} = 2,763 \text{ mm}$$

Estos son los valores mínimos de diámetro interno (D_i) y espesor de pared que debe tener la tubería.

$$\frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{154,06}{2 \cdot 2,763} = 27,89 > 4$$

Comprobaciones a partir de ecuaciones 43 y 44:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,15406^2}{4} = 0,0186 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,04011}{0,0186} = 2,156 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \text{ m/s}$$

$$\frac{R_i}{e} = \frac{D_i}{2 \cdot e} = \frac{154,06}{2 \cdot 2,763} = 27,89 > 4$$

Queda comprobado que la velocidad de flujo es correcta y que se cumple la hipótesis de pared delgada, por lo que la tubería es válida.

A continuación se muestran los resultados a modo de resumen las líneas de la instalación de alta presión:

| Tramo (Líneas de alta presión) | Q tubería (m ³ /día) | Q tubería (m ³ /h) | Q tubería (m ³ /s) | V fluido (m/s) | DN (mm) | Di (mm) | espesor (mm) | Longitud (m) |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|---------|---------|--------------|--------------|
| AP-AISI316-SCH40S-DN152,4. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,591 | 152,4 | 154,06 | 7,11 | 5 |
| AM-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 57,76 | 7,22 | 0,002 | 2,083 | 31,75 | 35,04 | 3,56 | 2 |
| AS-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 57,76 | 7,22 | 0,002 | 2,083 | 31,75 | 35,04 | 3,56 | 2 |
| RE-AISI316-SCH40S-DN101,6 | 612,18 | 76,52 | 0,02125 | 2,156 | 101,6 | 102,26 | 6,02 | 6 |
| Total metros | | | | | | | | 15 |

Tabla 13: Líneas de alta presión de la instalación

También se muestran los resultados a modo de resumen las líneas de la instalación de baja presión:

| Tramo (Líneas de baja presión) | Q tubería (m3/día) | Q tubería (m3/h) | Q tubería (m3/s) | V fluido (m/s) | DN (mm) | Di (mm) | espesor (mm) | Longitud (m) |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|---------|---------|--------------|--------------|
| BO-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 650 |
| BO-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 650 |
| AFA-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 30 |
| EFA-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| EFA-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFA-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFA-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| AFC-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 5 |
| EFC-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| EFC-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFC-1-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| SFC-2-PRFV-DN100 | 577,53 | 72,19 | 0,02005 | 2,1133 | 100 | 109,2 | 3,6 | 3 |
| AAP-PRFV-DN150. | 1155,06 | 144,38 | 0,0401 | 2,0247 | 150 | 158,8 | 4,8 | 6 |
| P- PRFV- DN100 | 542,88 | 67,86 | 0,01885 | 2,005 | 100 | 109,2 | 3,6 | 15 |
| Total metros | | | | | | | | 1465 |

Tabla 14: Líneas de baja presión de la instalación.

5.2. PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga que se producen al circular el agua por las conducciones se dividen en dos tipos: lineales y singulares.

- **Pérdidas lineales**

Para calcular el valor de la pérdida de carga lineal que se produce en un conducto de sección circular, se emplea la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_R = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (45)$$

Dónde:

- h: Pérdida de carga (m).
- f: Factor de fricción.
- L: Longitud equivalente de la tubería (m)
- D: Diámetro interno de la tubería (m).
- V: Velocidad del fluido(m/s)
- g : 9,81m/s². Aceleración de la gravedad

La ecuación de Darcy-Weisbach es válida para fluidos viscosos e incompresibles en régimen estacionario y completamente desarrollado, laminar o turbulento.

El factor de fricción de Fanning es función de la rugosidad relativa de la tubería (ϵ/D) y del número de Reynolds (Re). La rugosidad (ϵ) depende únicamente del material con la que se fabrica el material, y tiene un valor de 0,01 m para el PRFV y 0,014 m para el acero.

Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa se calcula el factor de fricción para cada tramo de tubería.

A continuación, calcularemos los valores de los números de Reynolds y factores de fricción para cada tramo de tubería. Con estos valores y los conocidos la longitud, diámetro, velocidad y aceleración de la gravedad, obtendremos las pérdidas de carga lineales de cada tubería.

Para el cálculo de las pérdidas de carga lineales utilizaremos las siguientes expresiones:

$$f=f(\text{Re},\varepsilon_r) \quad (46)$$

$$\varepsilon_r=\frac{\varepsilon}{D} \quad (47)$$

$$R_D = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (48)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}}=-2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} - \frac{2,51}{R_D \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (49)$$

Calculamos por ejemplo para la línea BO-1-PRFV-DN100, el valor de R_D y de ε/D según las expresiones 47 y 58 :

$$r=\frac{0,01}{109,2}=9,157 \cdot 10^{-5}$$

$$R_D=\frac{2,1133 \cdot 0,1092}{1 \cdot 10^{-6}}=230.772$$

Conocido el número de Reynolds y el factor de fricción (0,015), los introduciremos en la expresión 49:

$$\frac{1}{\sqrt{f}}=-2 \cdot \log \left(\frac{0,01/109,2}{3,7} - \frac{2,51}{230772 \cdot \sqrt{0,015}} \right)$$

Despejamos el valor de f y obtenemos:

$$f_1 = 0,016079$$

Lo insertamos de nuevo en la expresión 49:

$$\frac{1}{\sqrt{f}}=-2 \cdot \log \left(\frac{0,01/109,2}{3,7} - \frac{2,51}{230772 \cdot \sqrt{0,016079}} \right)$$

De ésta forma obtenemos el valor de fricción más aproximado que es:

$$f_2 = 0,01597$$

Con éste valor y los conocidos de longitud, diámetro, velocidad y aceleración de la gravedad, obtendremos las pérdidas de carga lineales de cada tubería con la expresión 45:

Realizando el cálculo para las demás líneas de la instalación obtenemos la siguiente tabla de pérdidas lineales:

| Tramo | V fluido (m/s) | Di (mm) | k/D | Re | f | Longitud (m) | h _f (m) |
|----------------------------|----------------|---------|-------------|---------|----------|--------------|--------------------|
| BO-1-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 650 | 21,638 |
| BO-2-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 650 | 21,638 |
| AFA-PRFV-DN150 | 2,0247 | 158,8 | 6,29723E-05 | 321.522 | 0,015836 | 30 | 0,625 |
| EFA-1-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| EFA-2-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| SFA-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| SFA-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| AFC-PRFV-DN150 | 2,0247 | 158,8 | 6,29723E-05 | 321.522 | 0,015836 | 5 | 0,098 |
| EFC-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| SFC-PRFV-DN100 | 2,1133 | 109,2 | 9,15751E-05 | 230.772 | 0,01597 | 3 | 0,1 |
| AAP-PRFV-DN150 | 2,0247 | 158,8 | 6,29723E-05 | 321.522 | 0,015836 | 6 | 0,125 |
| P- PRFV- DN100 | 2,005 | 109,2 | 9,15751E-05 | 218.946 | 0,016104 | 15 | 0,454 |
| AP-AISI316-SCH40S-DN152,4. | 2,591 | 154,06 | 0,000128205 | 399.169 | 0,014749 | 5 | 0,164 |
| AM-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 2,083 | 35,04 | 0,000128205 | 72.988 | 0,020818 | 2 | 0,263 |
| AS-AISI316-SCH40S-DN31,75. | 2,083 | 35,04 | 8,81612E-05 | 72.988 | 0,020818 | 2 | 0,263 |
| RE-AISI316-SCH40S-DN101,6 | 2,156 | 102,26 | 0,000128205 | 220.472 | 0,016424 | 15 | 0,572 |
| Total metros | | | | | | | 26,45 |

Tabla 15: Pérdidas de carga lineales de las conducciones.

- **Pérdidas singulares:**

Las pérdidas de carga singulares son las que se producen en los accesorio (codos, válvulas, té, ...). Se deben a que el flujo en el interior de los mismos es tridimensional y complejo, produciéndose una gran disipación de energía.

Se determinan mediante el método de las cargas de velocidad, que consiste en asignar a cada accesorio un valor "k", que al multiplicarlo por la carga de velocidad que lo atraviesa, sea igual al valor de la pérdida de carga que produce.

La pérdida de carga de los accesorios viene dada por la siguiente expresión:

$$h_v = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (50)$$

Dónde:

h_v : Pérdida de carga singular (m)

K: Constante que depende del tipo de accesorio

V: velocidad del fluido (m/s)

G; Aceleración de la gravedad = $9,81\text{m/s}^2$

La siguiente tabla muestra el valor de la constante “k” de los distintos accesorios para cada tramo de tubería de la instalación:

| Tramos | Codo 90º | Té | Válvula de retención | Válvula mariposa | Válvula compuerta | Brida retención | K |
|----------------------------|----------|----|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| BO-1-PRFV-DN100 | 0,85 (6) | | | 0,04 | 0,06 | | 5,16 |
| BO-2-PRFV-DN100 | 0,85 (6) | | | 0,04 | 0,06 | | 5,16 |
| AFA-PRFV-DN150. | 0,85 (4) | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 9,135 |
| EFA-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| EFA-2-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| SFA-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| SFA-2-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| AFC-PRFV-DN150. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 5,735 |
| EFC-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| SFC-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 |
| AAP-PRFV-DN150. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 5,735 |
| P- PRFV- DN100 | 0,85 (2) | | | 0,04 | | 2 | 3,74 |
| AP-AISI316-SCH40S-DN152,4. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | 2 | 7,735 |
| AM-AISI316-SCH40S-DN31,75. | | | | | | | |
| AS-AISI316-SCH40S-DN31,75. | | | | | | | |
| RE-AISI316-SCH40S-DN101,6 | 0,85 (2) | | 3,675 | 0,04 | 0,06 | 2 | 7,475 |
| Total metros | | | | | | | 56,995 |

Tabla 16: Accesorios en las líneas.

Por ejemplo, para el tramo BO-1-PRFV-DN100, tenemos los siguientes datos el valor de las pérdidas de carga singulares serán:

Datos:

$$V = 2,1133 \text{ m/s}$$

$$\Sigma K = 5,16$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Sustituyendo los datos en la expresión 50, obtenemos:

$$h_v = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 5,16 \cdot \frac{2,1133^2}{2 \cdot 9,81} = 1,1745 \text{ m}$$

Realizando el cálculo para las demás líneas de la instalación obtenemos la siguiente tabla de pérdidas singulares:

| Tramos | Codo 90º | Té | Válvula de retención | Válvula mariposa | Válvula compuerta | Brida retención | suma K | v | h _v (m) |
|------------------|----------|----|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|--------|--------|--------------------|
| BO-1-PRFV-DN100 | 0,85(6) | | | 0,04 | 0,06 | | 5,16 | 2,1133 | 1,1745 |
| BO-2-PRFV-DN100 | 0,85(6) | | | 0,04 | 0,06 | | 5,16 | 2,1133 | 1,1745 |
| AFA-PRFV-DN150. | 0,85(4) | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 9,135 | 2,0247 | 1,9086 |
| EFA-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |
| EFA-2-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |
| SFA-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |
| SFA-2-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|---|-------|------|------|---|---------------|--------|----------------|
| AFC-PRFV-DN150. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 5,735 | 2,0247 | 1,1982 |
| EFC-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |
| SFC-1-PRFV-DN100 | 0,85 | | | 0,04 | | | 0,89 | 2,1133 | 0,2025 |
| AAP-PRFV-DN150. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | | 5,735 | 2,0247 | 1,1982 |
| P- PRFV- DN100 | 0,85 (2) | | | 0,04 | | 2 | 3,74 | 2,005 | 0,7663 |
| AP-AISI316-SCH40S-DN152,4. | | 2 | 3,675 | | 0,06 | 2 | 7,735 | 2,591 | 2,6466 |
| AM-AISI316-SCH40S-DN31,75. | | | | | | 2 | 2 | 2,083 | 0,4422 |
| AS-AISI316-SCH40S-DN31,75. | | | | | | 2 | 2 | 2,083 | 0,4422 |
| RE-AISI316-SCH40S-DN101,6 | 0,85 (2) | | 3,675 | 0,04 | 0,06 | 2 | 7,475 | 2,156 | 1,7709 |
| Total metros | | | | | | | 60,995 | | 14,3435 |

Tabla 17: Pérdidas de carga singulares de las conducciones.

5.3. CARGA O ALTURA ÚTIL Y SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

Para seleccionar las bombas será necesario saber el caudal y la carga necesaria que debe aportar. El caudal de las bombas lo conocemos. Sin embargo, la carga o altura útil de las bombas no se conoce y será necesario hallarla a través de la ecuación de Bernoulli:

$$W = \frac{P_B - P_A}{\rho} + z_B - z_A + \frac{v_B^2 - v_A^2}{2 \cdot g} + H_{rA-B} \quad (51)$$

Dónde:

W = carga (m)

ρ = densidad del agua a 20 °C en kg/m³.

g = 9,81 m/s²

P_A y P_B = presión del agua en A y B en kg/m².

Z_A y Z_B = altura geométrica, diferencia de cotas entre los puntos A y B, en metros.

V_A y V_B = velocidades medias del líquido en las secciones de las conducciones en los puntos A y B en m/s.

H = pérdidas de carga en la conducción.

Para el cálculo de la carga de cada una de las bombas de la instalación, necesitamos conocer el valor de las pérdidas de carga de las conducciones, así como las presiones, alturas geométricas y velocidades en cotas A y B.

5.3.1. BOMBAS DE CAPTACIÓN

Las bombas de captación se encargan de impulsar el agua desde la zona de captación de agua de mar hasta el depósito intermedio de agua bruta, a través de los tramos BO-1-PRFV-DN100, BO-2-PRFV-DN100.

Para su elección, necesitamos conocer el caudal y la carga que deberá desarrollar. Para ello se resuelve el Balance de Energía Mecánica para un flujo no viscoso, incompresible unidimensional, teniendo en cuenta las pérdidas de carga, definidas en los cálculos hidráulicos. Resolviendo dicho balance obtenemos la carga que deben desarrollar dichas bombas.

El caudal que debe aportar cada bomba es de $72,19 \text{ m}^3/\text{h}$. La carga que debe realizar dicha bomba a partir de la ecuación de Bernoulli, donde el punto A se encuentra en la boca de la tubería sumergida 10 metros y el punto B a 60 metros en la boca de la tubería de descarga al depósito intermedio de agua bruta.

La velocidad en el punto A es la de la superficie y por tanto se considera igual a cero, y en el punto B será la que lleve el fluido en la conducción.

La altura geométrica que mide la pérdida de carga debido a la diferencia de cotas entre la captación y el vaciado a depósito y tomando como cota cero la boca de la tubería sumergida. Esta toma un valor de 70 metros.

La presión en B será igual a la atmosférica y en A vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_A = \rho \cdot h + P_{\text{atm}} = 1.000 \cdot 10 + 10,332,3 = 20.332,3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 20,332 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 20,332 \text{ m}$$

Por tanto, resumiendo tenemos los siguientes datos:

Punto A: Boca de tubería sumergida.

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$z_A = -10 \text{ m}$$

$$P_A = 20,332 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 20,332 \text{ m}$$

Punto B: Boca de tubería descarga

$$v_B = 2,1133 \text{ m/s}$$

$$z_B = 60 \text{ m}$$

$$P_B = 20,332 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 20,332 \text{ m}$$

Sustituyendo en el Balance de Energía Mecánica, ecuación 51, obtenemos:

$$W = 60 - (-10) + \frac{2,1133^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81} + 22,812 = 93,039 \text{ m}$$

Las bombas deben impulsar un caudal de $72,19 \text{ m}^3/\text{h}$ cada una y realizar una carga mínima de 93,039 m. Las bombas seleccionadas son suministradas por la empresa ITUR BOMBAS.

5.3.2. BOMBA DE ALTA PRESIÓN

El objetivo de la bomba de alta presión será suministrar el caudal de alimentación a los bastidores de ósmosis inversa. El diseño del proceso de ósmosis inversa se ha descrito en una línea, con una etapa cada línea.

El caudal a suministrar por dicha bomba lo hará a través del siguiente tramo de tubería: AAP-PRFV-DN150.

Para la elección de la bomba de alta presión necesitamos conocer el caudal y la carga que deberá desarrollar dicha bomba. Para ello aplicamos la ecuación de Bernouilli.

El caudal que debe aportar es de $144,38 \text{ m}^3/\text{h}$. La carga a partir de Bernouilli, donde el punto A se localiza en la boca de impulsión de la bomba y el punto B en la entrada de los bastidores.

La diferencia de presión entre el punto B y el punto A deberá ser la estipulada como necesaria para realizar la ósmosis inversa. Dicha presión se calculó en el **APARTADO 3 (DIMENSIONADO UNIDAD ÓSMOSIS INVERSA)** y toma un valor aproximado de 50 bares.

La velocidad en ambos puntos, A y B, será la misma, no se considerará en los cálculos de la altura útil o trabajo de la bomba.

Punto A: Boca de impulsión de la boca de la bomba de alta presión.

$$v_A = v_B$$

$$z_A = z_B$$

$$\frac{P_A - P_B}{\rho \cdot g} = 48,51 \text{ bar} = 485,1 \text{ m}$$

Punto B: Entrada a los bastidores.

$$v_A = v_B$$

$$z_A = z_B$$

Sustituyendo obtenemos:

$$W = 485,1 + 1,323 = 486,423 \text{ m}$$

La bomba debe impulsar un caudal de $1155,06 \text{ m}^3/\text{h}$ y realizar un carga mínima de $486,423 \text{ m}$. La bomba seleccionada es suministrada por la empresa HIDROTECAR BOMBAS, S.A., modelo LE. Estas bombas son las denominadas “bombas de alta presión”.

Se trata de bombas centrífugas horizontales multicelulares, con los rodets de palas helicoidales de aspiración simple.

6. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE MODULOS

Para determinar la configuración y el tamaño del generador fotovoltaico es necesario conocer la energía hidráulica necesaria para desplazar el volumen de agua necesario a la altura o carga útil deseada para cada aplicación. De ésta forma para determinar la energía hidráulica que se va a necesitar en cada sistema de bombeo se parte de la siguiente expresión:

$$E_h(\text{J/día}) = \rho(\text{Kg/m}^3) \cdot g(\text{m/s}^2) \cdot V(\text{m}^3/\text{día}) \cdot H(\text{m}) \quad (52)$$

$E_h \left(\frac{\text{J}}{\text{día}} \right)$: Energía necesaria para bombear el volumen de agua requerido

$\rho(\text{Kg/m}^3)$: Densidad del agua

$g(\text{m/s}^2)$: Aceleración de la gravedad

$V(\text{m}^3/\text{día})$: Volumen de agua necesaria por día

$H(\text{m})$: Altura o carga útil

Teniendo en cuenta que 1 J equivale a 1 W s y que 1 hora son 3600 segundos. Entonces 1kW·h equivale a 3.600.000 J.

La expresión anterior queda de la siguiente forma:

$$E_h(\text{KWh/día}) = \rho(\text{Kg/m}^3) \cdot g(\text{m/s}^2) \cdot V(\text{m}^3/\text{día}) \cdot H(\text{m}) \cdot \frac{1 \text{ KWh}}{3.600.000 \text{ J}} \quad (53)$$

$E_h \left(\frac{\text{KWh}}{\text{día}} \right)$: Energía necesaria para bombear el volumen de agua requerido

$\rho(\text{Kg/m}^3)$: Densidad del agua

$g(\text{m/s}^2)$: Aceleración de la gravedad

$V(\text{m}^3/\text{día})$: Volumen de agua necesaria por día

$H(\text{m})$: Altura o carga útil

6.1.1. NÚMERO DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

| Nivel estático (m) | Altura de la descarga (m) | Carga por fricción (m) | Carga Dinámica Total (m) |
|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| 60 | 10 | 22,812 | 93,04 |

| Carga o altura útil (m) | Volumen de agua bombeado (m ³ /día) | densidad del agua | aceleración (m/s ²) | Energía hidráulica (Wh/día) |
|-------------------------|--|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 93,04 | x 577,53 | x 1.000 | x 9,81 | = 146.423 |

| Energía hidráulica (Wh/día) | Rendimiento conjunto motor-bomba | Energía eléctrica (Wh/día) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 146.423 | / 0,6375 | = 229.683 |

| Energía eléctrica (Wh/día) | Horas sol pico (h/día) | Potencia total (W) |
|----------------------------|------------------------|--------------------|
| 229.683 | / 5,69 | = 40.366 |

| Potencia total (W) | Tensión nominal del sistema (V) | Intensidad (A) | Rendimiento del cableado | Intensidad corregida (A) |
|--------------------|---------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| 40.366 | / 450 V | = 89,7 | / 0,95 | = 94,42 |

| Intensidad corregida (A) | Intensidad nominal del módulo (A) | Módulos en paralelo |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 94,42 | / 9,48 | = 10 |

| Tensión nominal del sistema (V) | Tensión nominal del módulo (V) | Módulos en serie |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------|
| 450 V | / 17,4 | = 26 |

| Módulos en paralelo | Módulos en serie | Total de módulos |
|---------------------|------------------|------------------|
| 10 | x 26 | = 260 |

| Total de módulos | | Potencia del módulo (W) | | Potencia total instalada (W) |
|------------------|---|-------------------------|---|------------------------------|
| 260 | x | 165 | = | 42.900 |

| Potencia total instalada (W) | | Rendimiento del inversor | | Potencia del inversor (W) |
|------------------------------|---|--------------------------|---|---------------------------|
| 42.900 | / | 0,96 | = | 43.750 |

6.1.2. NÚMERO DE MÓDULOS DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

| Carga útil (m) | | Carga por fricción (m) | | Carga Dinámica Total (m) |
|----------------|---|------------------------|---|--------------------------|
| 485,1 | + | 1,323 | = | 486,423 |

| Carga o altura útil (m) | | Volumen de agua bombeado (m ³ /día) | | densidad del agua | | aceleración (m/s ²) | | Energía hidráulica (Wh/día) |
|-------------------------|---|--|---|-------------------|---|---------------------------------|---|-----------------------------|
| 486,423 | x | 1155,06 | x | 1.000 | x | 9,81 | = | 1.531.000 |

| Energía hidráulica (Wh/día) | | Rendimiento conjunto motor-bomba | | Energía eléctrica (Wh/día) |
|-----------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------|
| 1.531.000 | / | 0,8075 | = | 1.895.975 |

| Energía eléctrica (Wh/día) | | Horas sol pico (h/día) | | Potencia total (W) |
|----------------------------|---|------------------------|---|--------------------|
| 1.895.975 | / | 5,69 | = | 333.212 |

| Potencia total (W) | | Tensión nominal del sistema (V) | | Intensidad (A) | | Rendimiento del cableado | | Intensidad corregida (A) |
|--------------------|---|---------------------------------|---|----------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
| 333.212 | / | 450 V | = | 740 | / | 0,95 | = | 778,95 |

| Intensidad corregida (A) | | Intensidad nominal del módulo (A) | | Módulos en paralelo |
|--------------------------|---|-----------------------------------|---|---------------------|
| 778,95 | / | 9,48 | = | 84 |

| Tensión nominal del sistema (V) | | Tensión nominal del módulo (V) | | Módulos en serie |
|---------------------------------|---|--------------------------------|---|------------------|
| 450 V | / | 17,4 | = | 26 |

| Módulos en paralelo | | Módulos en serie | | Total de módulos |
|---------------------|---|------------------|---|------------------|
| 84 | x | 26 | = | 2.184 |

| Total de módulos | | Potencia del módulo (W) | | Potencia total instalada (W) |
|------------------|---|-------------------------|---|------------------------------|
| 2184 | x | 165 | = | 360.360 |

| Potencia total instalada (W) | | Número de Inversores | | Potencia del inversor (W) |
|------------------------------|---|----------------------|---|---------------------------|
| 360.360 | / | 4 | = | 90.090 |

Definiciones:

Nivel estático (m): La distancia vertical medida desde el nivel del suelo hasta el espejo del agua cuando no hay una bomba operando.

Altura de descarga (m): Distancia vertical medida desde el nivel del suelo hasta el punto donde el agua es descargada.

Carga por fricción (m): Pérdidas por fricción causadas por el paso del agua por la tubería rugosa.

Carga estática (m): Suma del nivel estático y la altura de descarga.

Carga dinámica total (m): Suma de la carga por la fricción y la carga estática.

Volumen de agua necesario (m³/día): Volumen de agua requerido por el sistema.

Energía hidráulica (Wh/día): Energía necesaria para elevar el volumen de agua necesario.

Eficiencia de la bomba: Es la proporción de energía eléctrica transformada a energía hidráulica.

Voltaje nominal del sistema (V): voltaje al que debe funcionar el sistema durante el día. Este es el voltaje de admisión en el controlador o inversor.

Corriente del proyecto (A): Corriente necesaria para satisfacer la carga del sistema del mes dediseño.

Factor de rendimiento del conductor: Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada de 95% en los sistemas de bombeo solar.

Corriente corregida del proyecto (A): Corriente mínima del arreglo necesaria para activar el sistema de bombeo

Corriente I_{mp} del módulo (A): Corriente a máxima potencia I_{mp} proporcionada por el fabricante del módulo fotovoltaico.

Módulos en paralelo: Número de módulos que irán conectados en paralelo.

Voltaje nominal del sistema (V)

Voltaje V_{mp} del módulo (V): voltaje de máxima potencia V_{mp} del módulo.

Módulos en serie: número de módulos conectados en serie necesarios para producir la tensión del sistema.


Módulos en paralelo: número de módulos que irán conectados en paralelo.

Total de módulos: Número total de módulos en el arreglo. Es el producto del número de módulos en paralelo por el número de módulos en serie.

Corriente I_{mp} del módulo (A):

Potencia total (W): Potencia del arreglo fotovoltaico.



| | | |
|--|---|---|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL |
| | I.T.I. MECÁNICA | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | |
| PLANO: SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: S/E |
| | | N ^o PLANO: 1 |

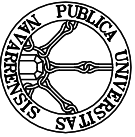


LOCALIZACIÓN:

Término municipal de Haría
 Código municipal 35010
 Referencia catastral de las parcelas
 35011A01200091
 35011A01200090
 35011A01200089
 Gobierno de Canarias

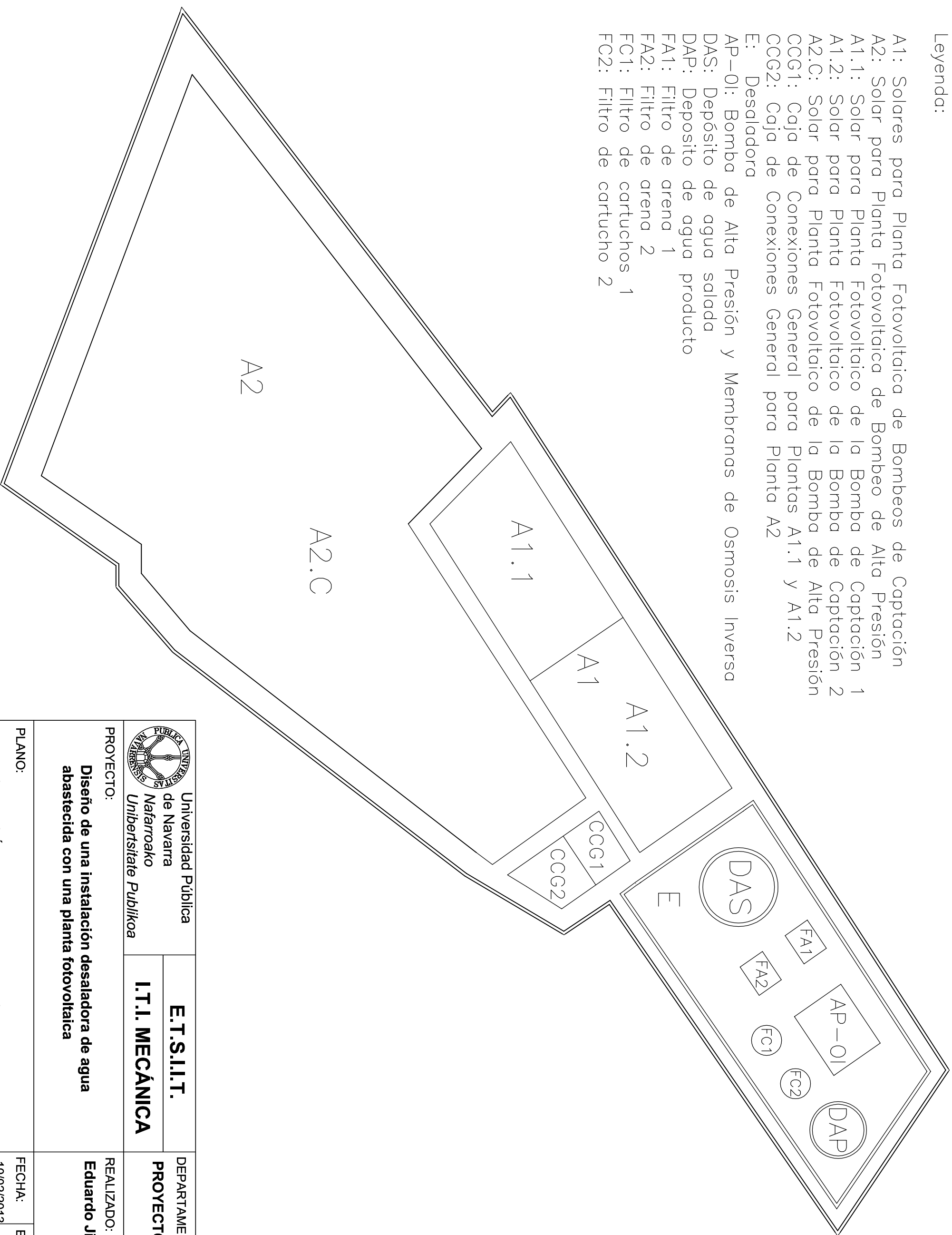
DIRECCIÓN:


Carretera LZ-1 ARRECIFE-ORZOLA en el Km 22 a 550 m
 gira a la izquierda hacia Camino Punta Mujeres, sigue 450 m
 y a la izquierda

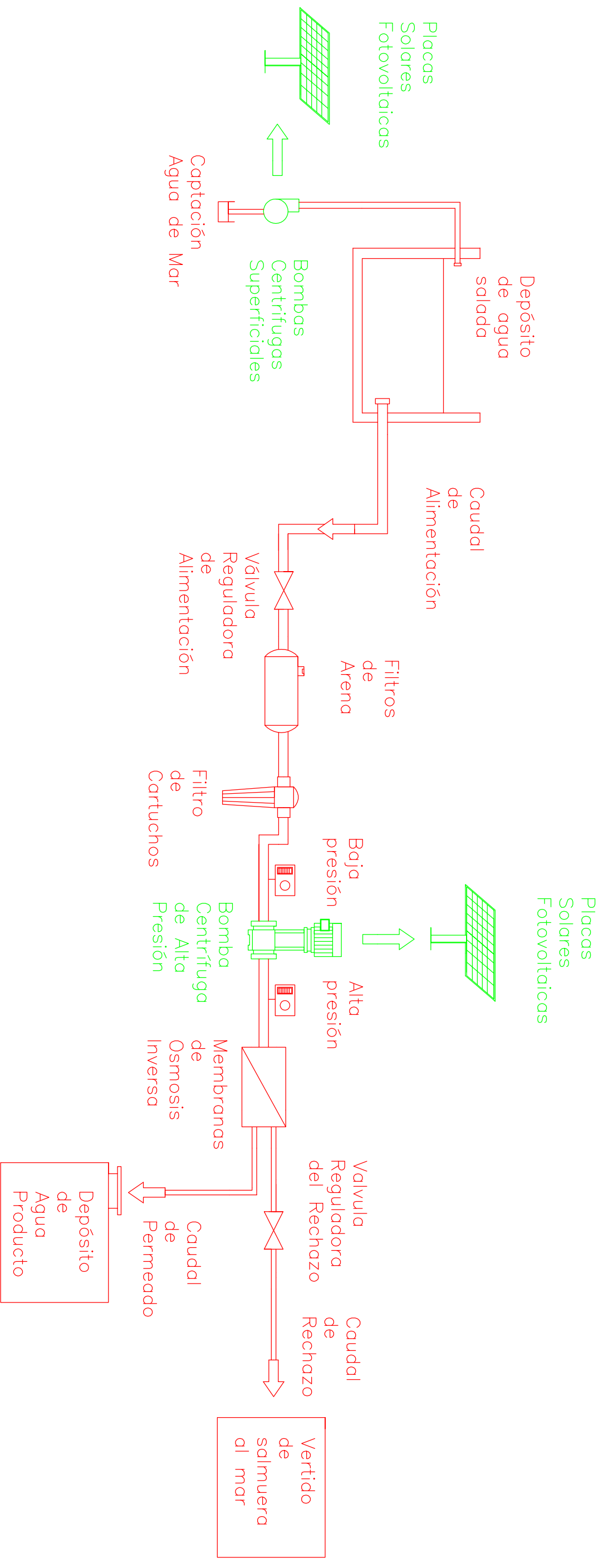
| | | |
|--|---|---|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL |
| | I.T.I. MECÁNICA | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | FECHA: 10/02/2013 |
| PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN | ESCALA: S/E | N ^o PLANO: 2 |

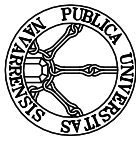

Leyenda:

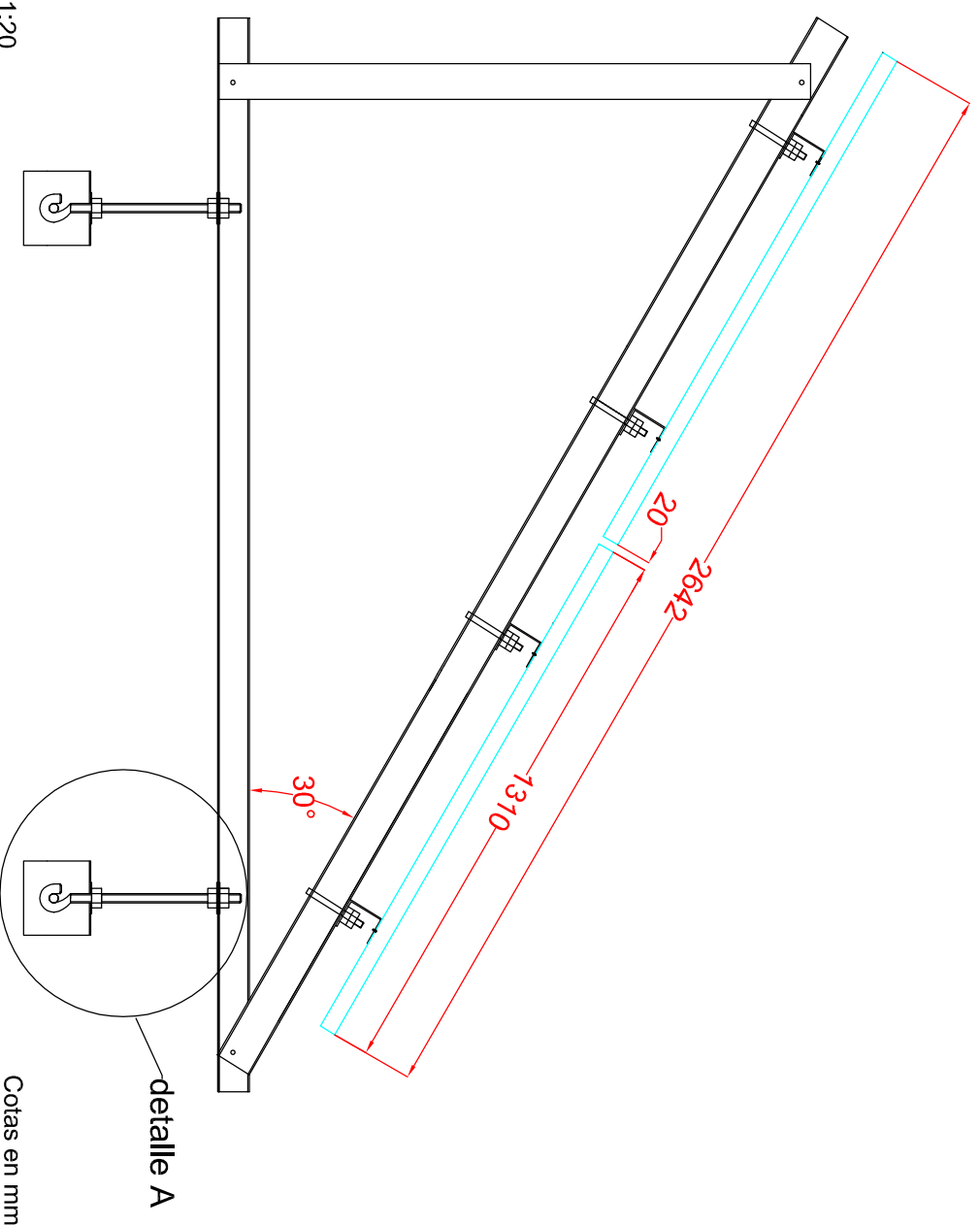
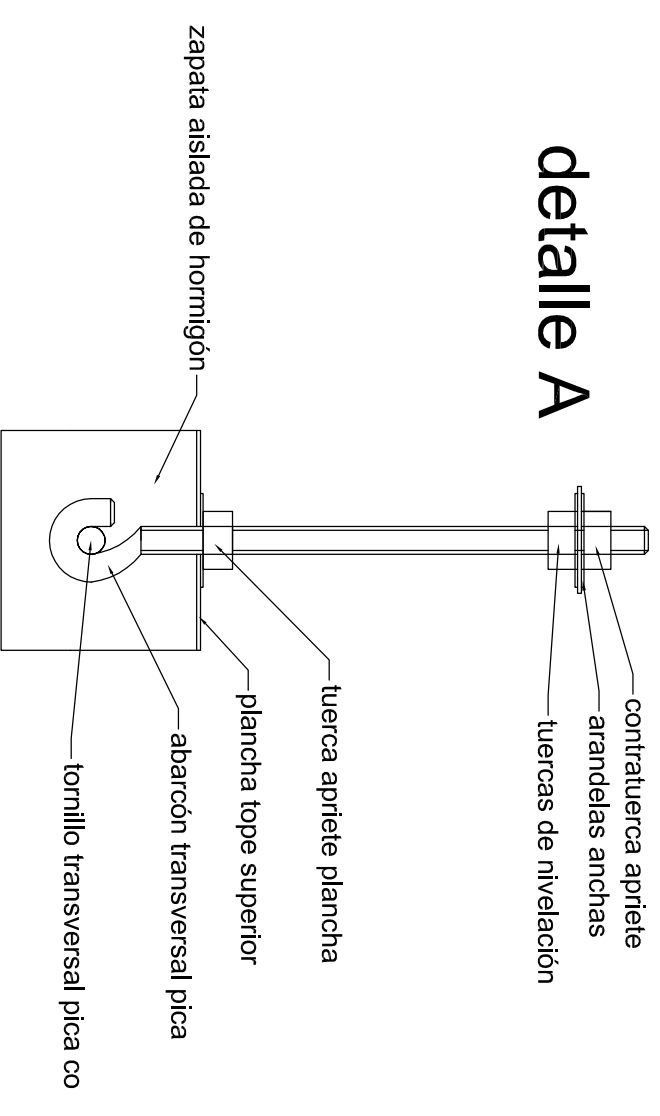
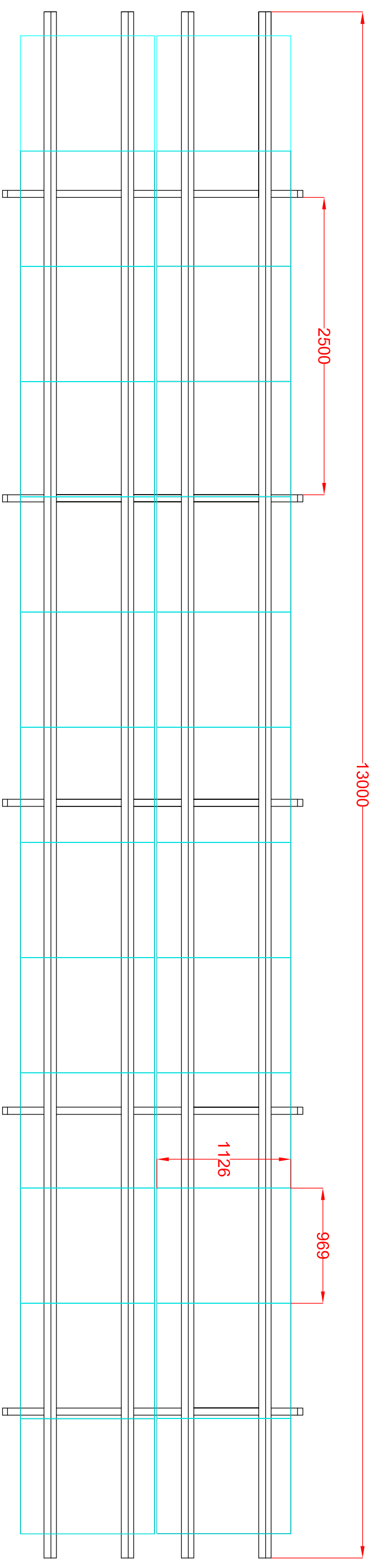
- A1: Solares para Planta Fotovoltaica de Bombeos de Captación
- A2: Solar para Planta Fotovoltaica de Bombeo de Alta Presión
- A1.1: Solar para Planta Fotovoltaico de la Bomba de Captación 1
- A1.2: Solar para Planta Fotovoltaico de la Bomba de Captación 2
- A2.C: Solar para Planta Fotovoltaico de la Bomba de Alta Presión
- CCG1: Caja de Conexiones General para Plantas A1.1 y A1.2
- CCG2: Caja de Conexiones General para Planta A2
- E: Desaladora
- AP-01: Bomba de Alta Presión y Membranas de Osmosis Inversa
- DAS: Depósito de agua salada
- DAP: Depósito de agua producto
- FA1: Filtro de arena 1
- FA2: Filtro de arena 2
- FC1: Filtro de cartuchos 1
- FC2: Filtro de cartucho 2



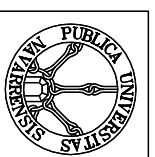
| | | |
|--|---|---|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL |
| | I.T.I. MECÁNICA | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | |
| PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA PARCELA | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: 1:1000 |
| | | Nº PLANO: 3 |



| | | | | | |
|---|--|--|------------------------|---|--|
|  <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p> | | <p>E.T.S.I.I.T.</p> <p>I.T.I. MECÁNICA</p> | | <p>DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL</p> | |
| <p>PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica</p> | | <p>REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra</p> | | | |
| <p>PLANO: ESQUEMA DEL PROCESO DE DESALACIÓN</p> | | <p>FECHA: 10/02/2013</p> | <p>ESCALA: S/E</p> | <p>Nº PLANO: 4</p> |  |



escala 1:20



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
I.T.I. MECÁNICA

DEPARTAMENTO:
PROYECTOS E ING.RURAL

PROYECTO:

**Diseño de una instalación desaladora de agua
abastecida con una planta fotovoltaica**

REALIZADO:

Eduardo Jiménez Ayerra

PLANO:

ESTRUCTURA SOPORTE Y ANCLAJE

FECHA:

10/02/2013

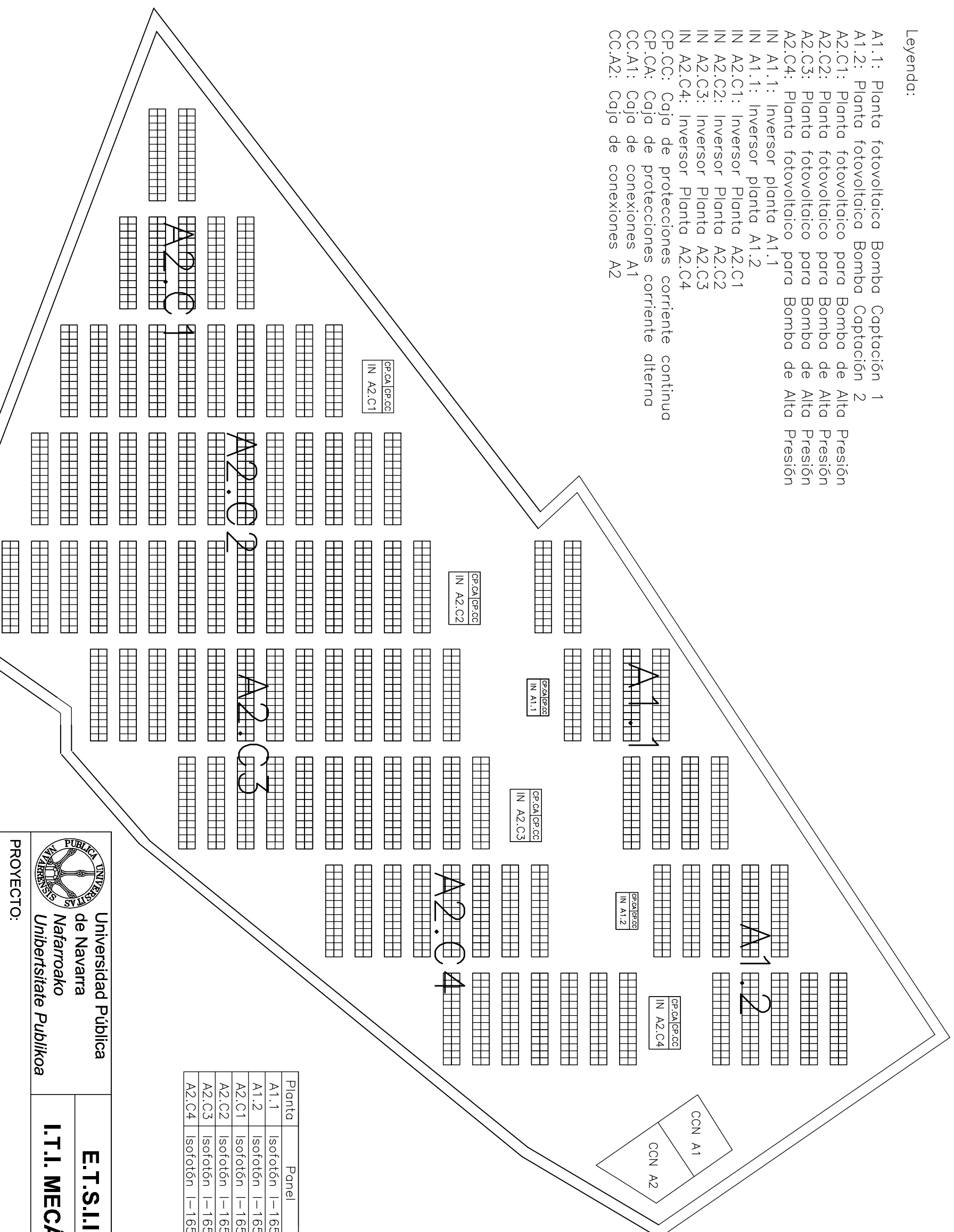
ESCALA:

1:40

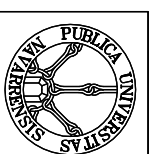
Nº PLANO:

5

- Legenda:
- A1.1: Planta fotovoltaica Bomba Captación 1
 - A1.2: Planta fotovoltaica Bomba Captación 2
 - A2.C1: Planta fotovoltaica para Bomba de Alta Presión
 - A2.C2: Planta fotovoltaica para Bomba de Alta Presión
 - A2.C3: Planta fotovoltaica para Bomba de Alta Presión
 - A2.C4: Planta fotovoltaica para Bomba de Alta Presión
 - IN A1.1: Inversor planta A1.1
 - IN A1.1.1: Inversor planta A1.2
 - IN A2.C1: Inversor Planta A2.C1
 - IN A2.C2: Inversor Planta A2.C2
 - IN A2.C3: Inversor Planta A2.C3
 - IN A2.C4: Inversor Planta A2.C4
 - CP.CC: Caja de protecciones corriente continua
 - CP.CA: Caja de protecciones corriente alterna
 - CC.A1: Caja de conexiones A1
 - CC.A2: Caja de conexiones A2



| Planta | Panel | Configuración | Total W | Nº Paneles |
|--------|----------------|---------------|---------|------------|
| A1.1 | Isofotón I-165 | 26s x 10p | 42.900 | 460 |
| A1.2 | Isofotón I-165 | 26s x 10p | 42.900 | 460 |
| A2.C1 | Isofotón I-165 | 26s x 21p | 90.090 | 546 |
| A2.C2 | Isofotón I-165 | 26s x 21p | 90.090 | 546 |
| A2.C3 | Isofotón I-165 | 26s x 21p | 90.090 | 546 |
| A2.C4 | Isofotón I-165 | 26s x 21p | 90.090 | 546 |



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
I.T.I. MECÁNICA

DEPARTAMENTO:
PROYECTOS E ING.RURAL

PROYECTO:

**Diseño de una instalación desaladora de agua
abastecida con una planta fotovoltaica**

REALIZADO:

Eduardo Jiménez Ayerra

PLANO:

PLANTA FOTOVOLTAICA

FECHA:

10/02/2013

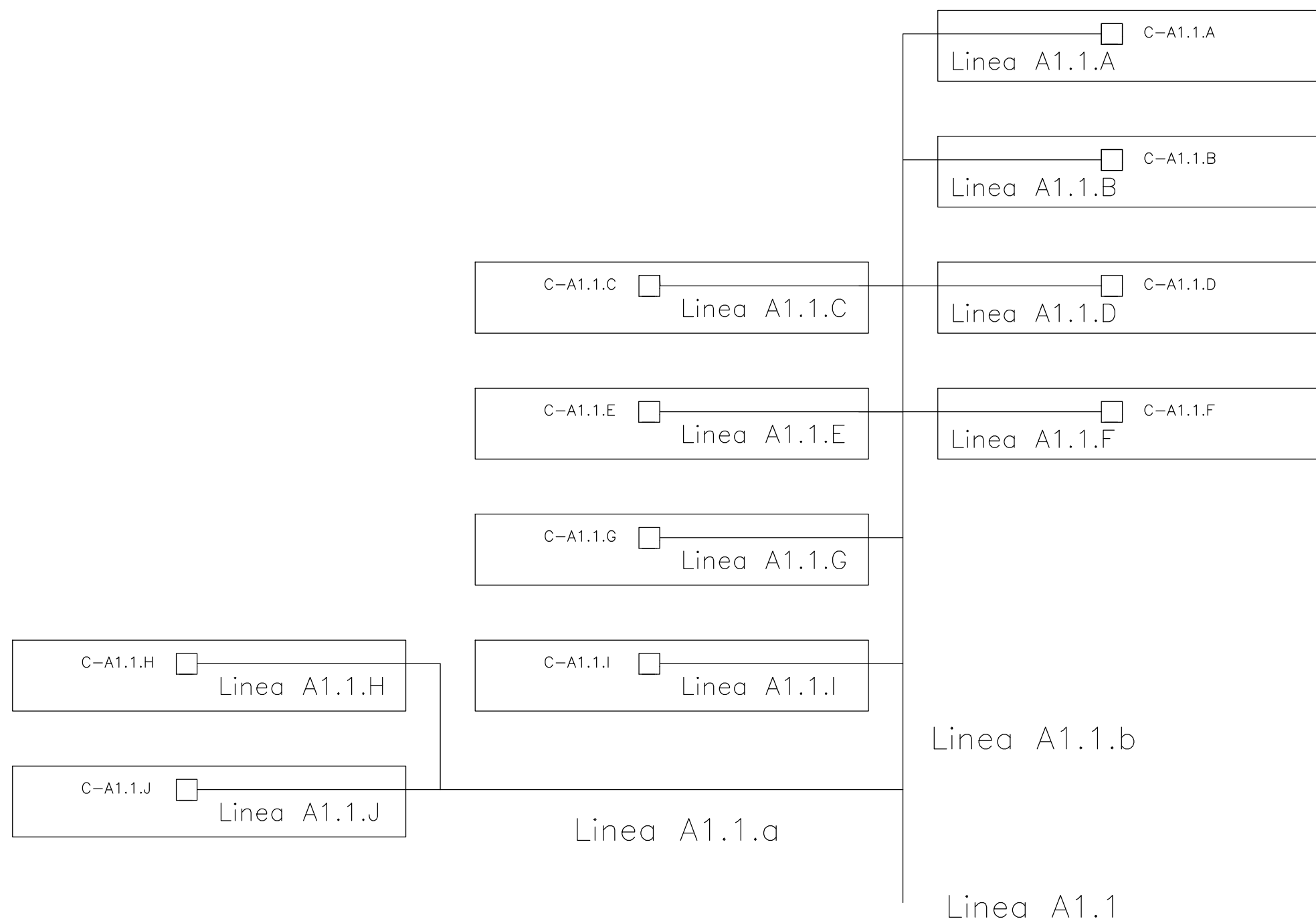
ESCALA:

1:800

Nº PLANO:

6






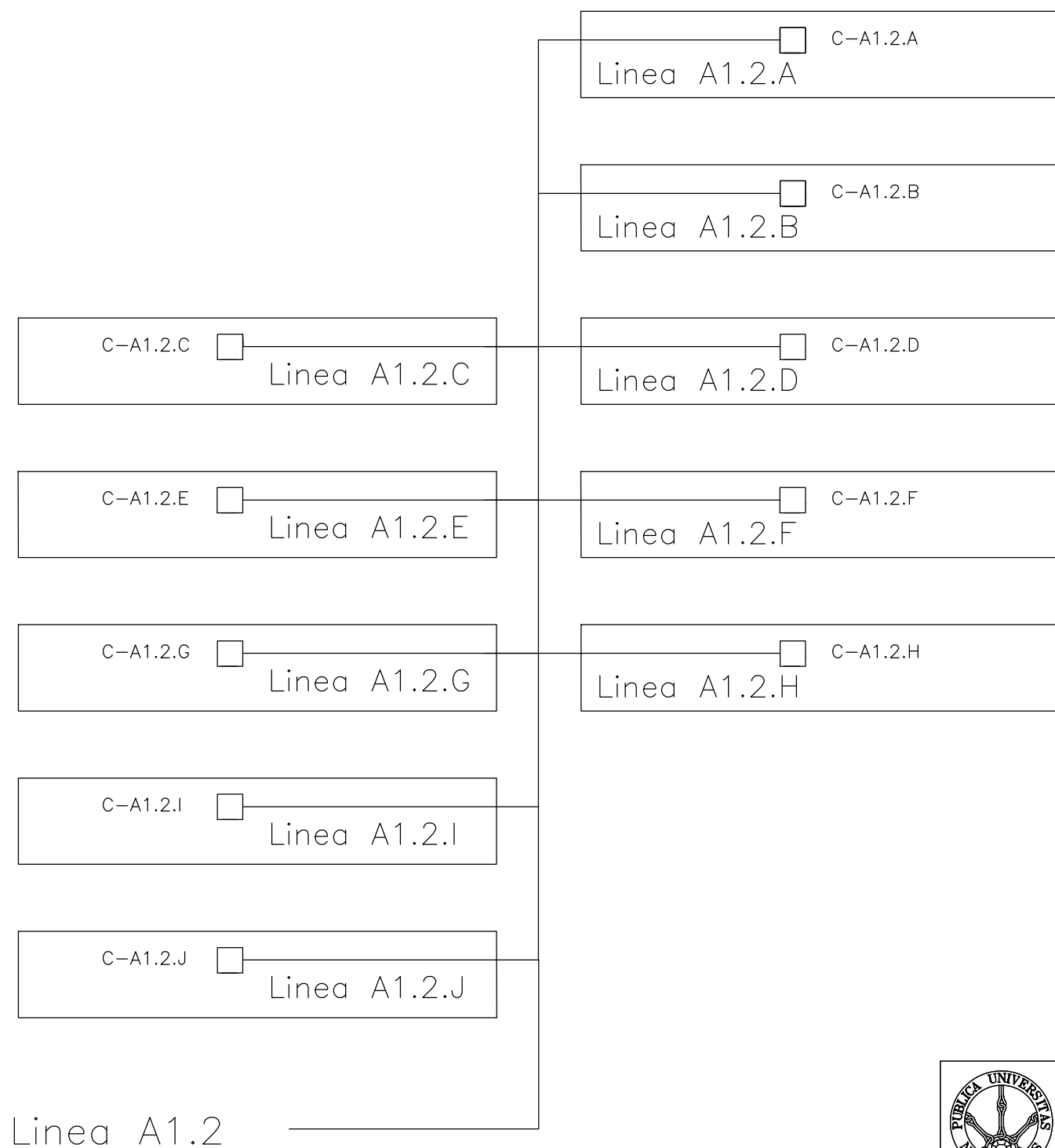
| Planta A1.1 | |
|--------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A1.1 | Cu RV-K 35 mm ² |
| A1.1.a | Cu RV-K 1,5 mm ² |
| A1.1.b | Cu RV-K 25 mm ² |
| De A1.1.A a A1.1-J | Cu RV-K 1,5 mm ² |

Notas:

El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²

El cable de conexionado de la línea principal A1.1 al Inversor A1.1

| | | | |
|---|------------------------|---|---------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL | |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: | ESCALA: |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A1.1 | | 10/02/2013 | S/E |
| | | NºPLANO: | 7 |




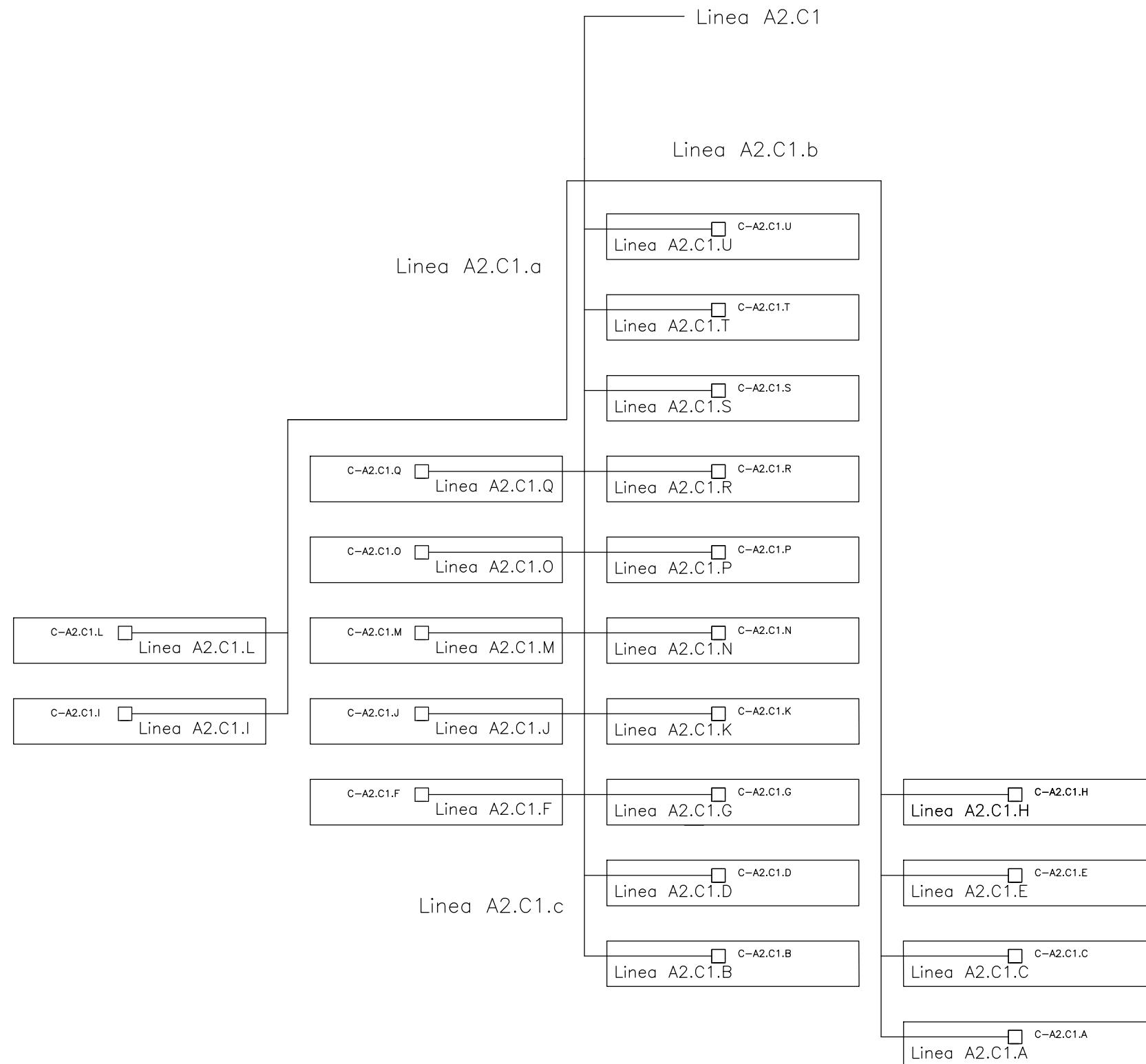
| Planta A1.2 | |
|--------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A1.2 | Cu RV-K 35 mm ² |
| De A1.2.A a A1.2-J | Cu RV-K 1,5 mm ² |

Notas:

El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²

El cable de conexionado de la línea principal A1.2 al Inversor A1.2

| | | | | |
|---|------------------------|---|----------------|---------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL | | |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: S/E | NºPLANO: 8 |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A1.2 | | | | |




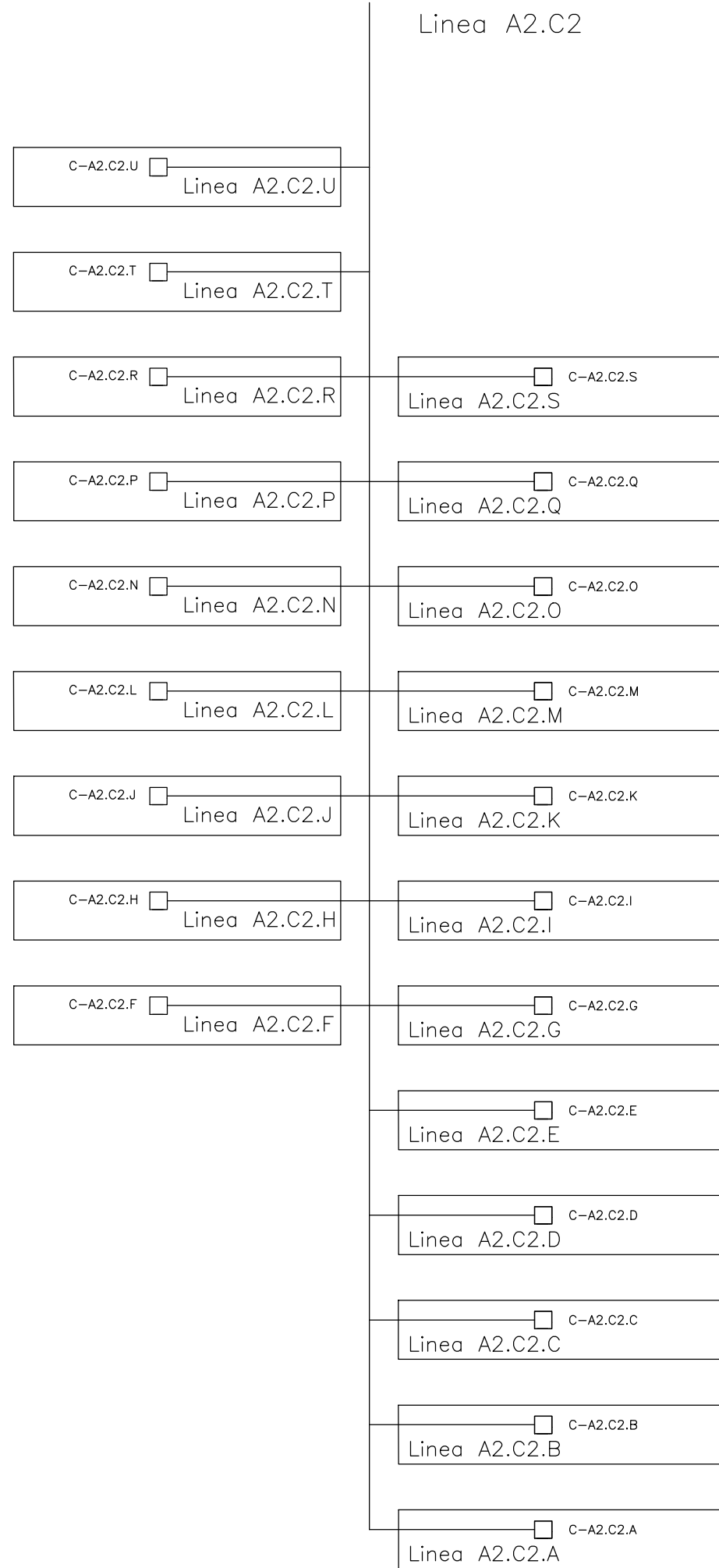
| Planta A2.C1 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A2.C1 | Cu RV-K 120 mm ² |
| A2.C1.a | Cu RV-K 1,5 mm ² |
| A2.C1.b | Cu RV-K 6 mm ² |
| A2.C1.c | Cu RV-K 70 mm ² |
| De A2.C1.A a A2.C1-U | Cu RV-K 1,5 mm ² |

Notas:

El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²

El cable de conexionado de la línea principal A2.C1 al Inversor A2.C1


| | | |
|---|---|---|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. I.T.I. MECÁNICA | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL |
| | PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A2.C1 | | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra |
| | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: S/E NºPLANO: 9 |

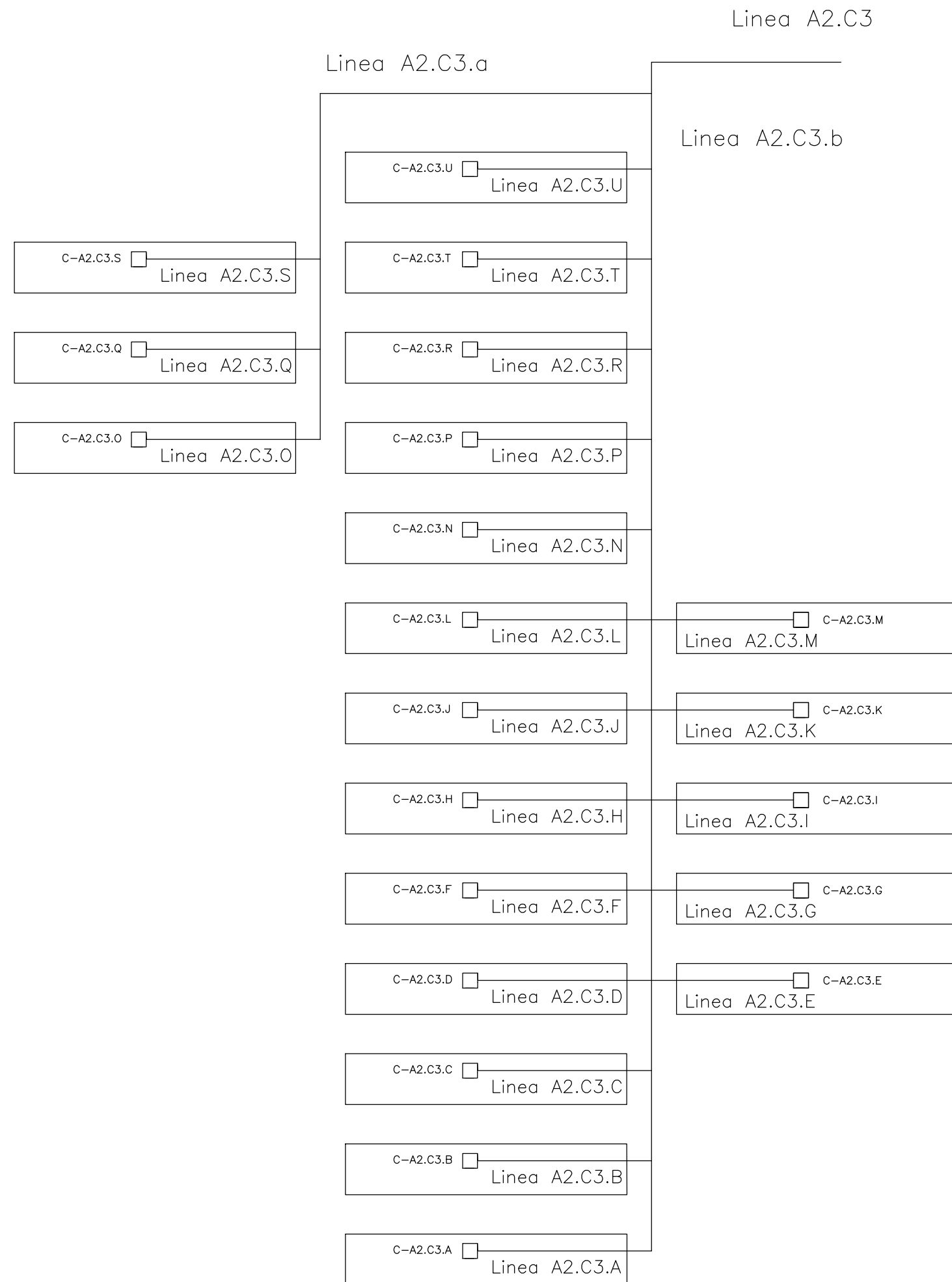


| Planta A2.C2 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A2.C2 | Cu RV-K 120 mm ² |
| De A2.C2.A a A2.C2-U | Cu RV-K 1,5 mm ² |

Notas:

El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²
 El cable de conexionado de la línea principal A2.C2 al Inversor A2.C2


| | | | | |
|---|------------------------|---|----------------|----------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL | | |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: S/E | NºPLANO: 10 |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A2.C2 | | | | |

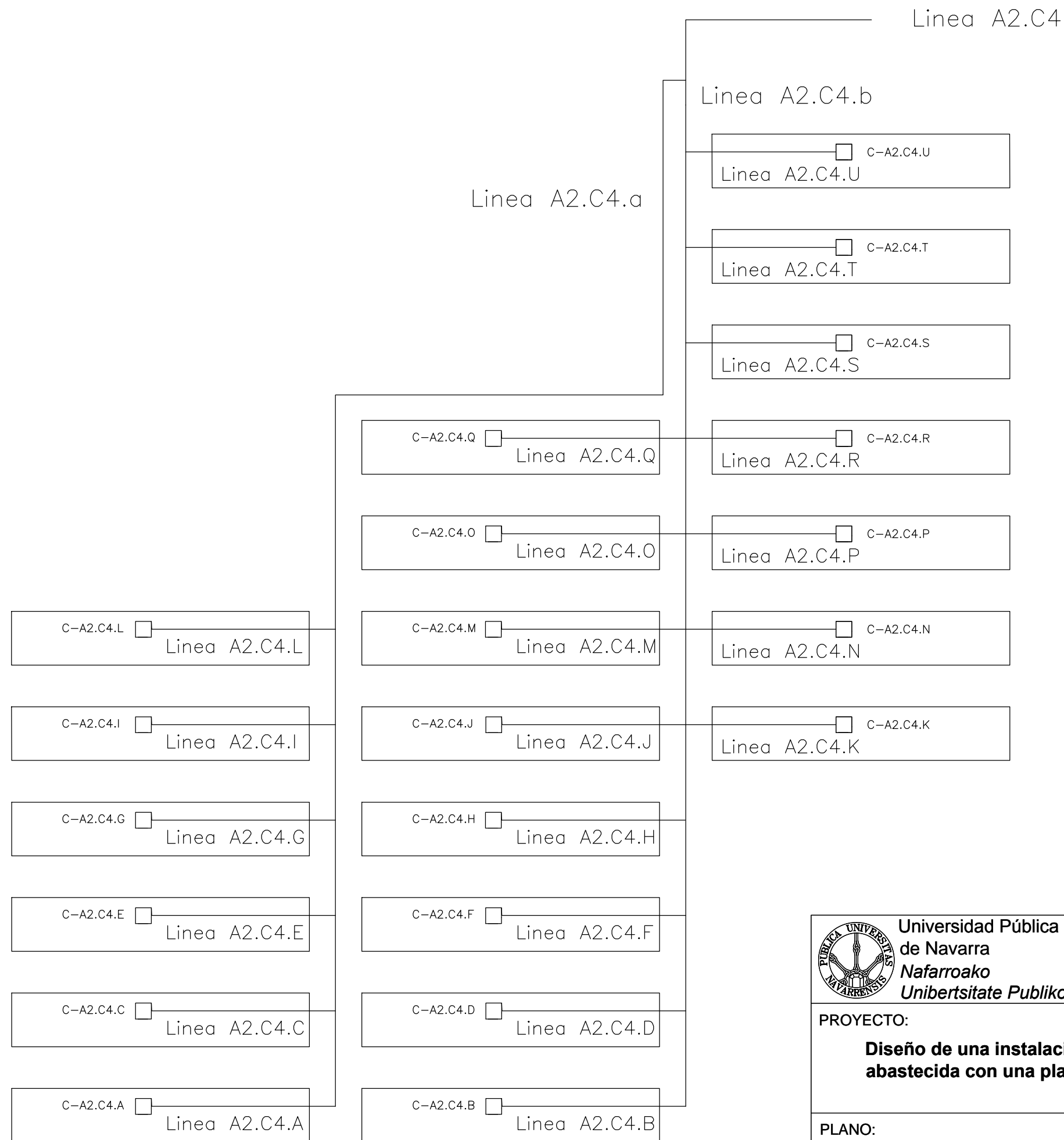


| Planta A2.C3 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A2.C3 | Cu RV-K 120 mm ² |
| A2.C3.a | Cu RV-K 4 mm ² |
| A2.C3.b | Cu RV-K 95 mm ² |
| De A2.C3.A a A2.C3-U | Cu RV-K 1,5 mm ² |

Notas:


El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²
 El cable de conexionado de la línea principal A2.C3 al Inversor A2.C3

| | | |
|---|------------------------|---|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: 10/02/2013 |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A2.C3 | | ESCALA: S/E |
| | | NºPLANO: 11 |

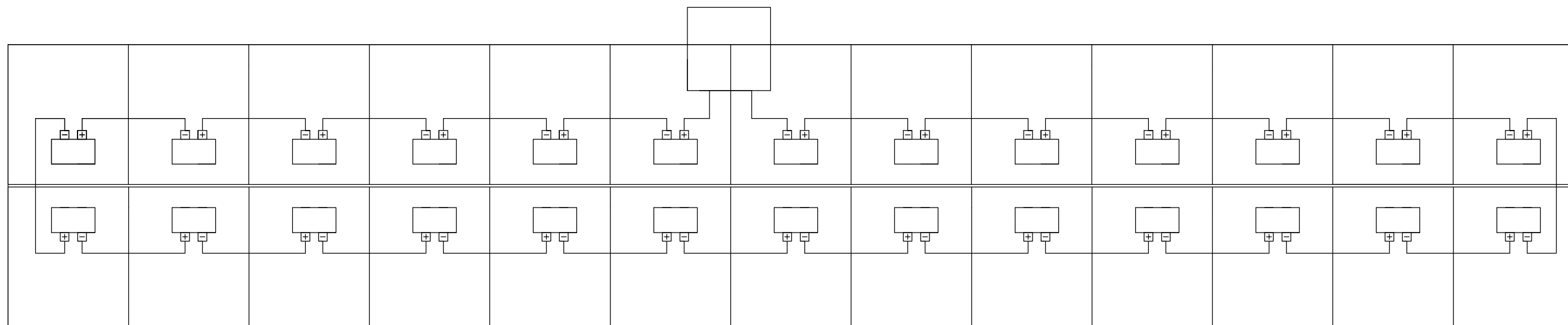


| Planta A2.C4 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Líneas | Cable |
| A2.C4 | Cu RV-K 120 mm ² |
| A2.C4.a | Cu RV-K 16 mm ² |
| A2.C4.b | Cu RV-K 70 mm ² |
| De A2.C4.A a A2.C4-U | Cu RV-K 1,5 mm ² |


Notas:
 El cable de conexionado de cada línea desde la caja de conexiones (C) hasta línea principal o secundaria de Cu RV-K 1,5 mm²
 El cable de conexionado de la línea principal A2.C4 al Inversor A2.C4

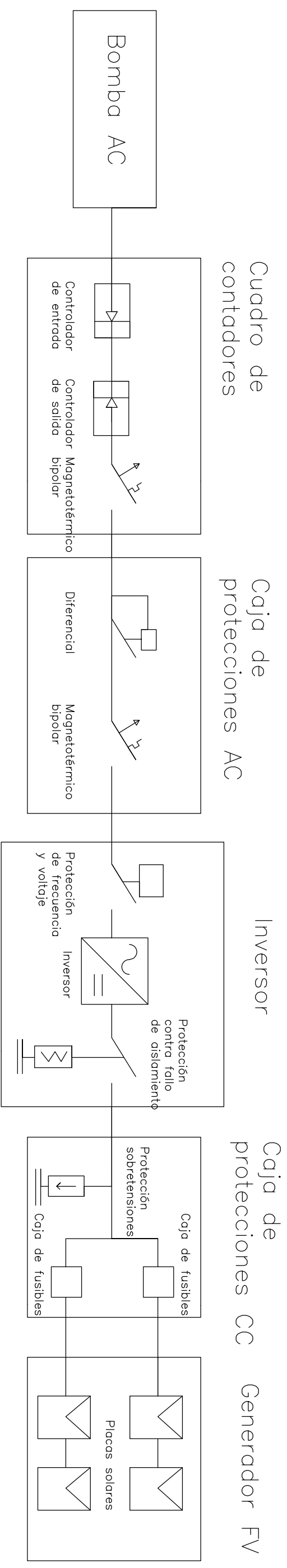
| | | | | |
|---|------------------------|---|----------------|----------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL | | |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: 10/02/2013 | ESCALA: S/E | NºPLANO: 12 |
| PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO PLANTA A2.C4 | | | | |



Caja de conexiones

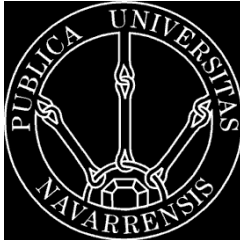


26 Modulos en Serie

| | | | |
|---|------------------------|---|----------------|
|  Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa | E.T.S.I.I.T. | DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL | |
| | I.T.I. MECÁNICA | REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra | |
| PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica | | FECHA: 10/02/2013 | |
| PLANO: INTERCONEXIÓN DE MÓDULOS | | ESCALA: S/E | NºPLANO: 13 |



| | | | | | |
|---|--|--|------------------------|---|--|
|  <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p> | | <p>E.T.S.I.I.T.</p> <p>I.T.I. MECÁNICA</p> | | <p>DEPARTAMENTO: PROYECTOS E ING.RURAL</p> | |
| <p>PROYECTO: Diseño de una instalación desaladora de agua abastecida con una planta fotovoltaica</p> | | | | <p>REALIZADO: Eduardo Jiménez Ayerra</p> | |
| <p>PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO GENERAL</p> | | <p>FECHA: 10/02/2013</p> | <p>ESCALA: S/E</p> | <p>Nº PLANO: 14</p> |  |



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

| | |
|--|---|
| 1. OBJETO | 1 |
| 2. CONDICIONES GENERALES | 1 |
| 3. CONDICIONES FACULTATIVAS | 1 |
| 3.1 EL INGENIERO DIRECTOR | 1 |
| 3.2 EL CONSTRUCTOR | 2 |
| 3.3 VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO | 2 |
| 3.4 PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE | 3 |
| 3.5 OFICINA EN LA OBRA | 3 |
| 3.6 PRESENCIA EN LA OBRA | 3 |
| 3.7 TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE | 3 |
| 3.8 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DE PROYECTO | 3 |
| 3.9 RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA | 4 |
| 3.10 FALTAS DE PERSONAL | 4 |
| 3.11 CAMINOS Y ACCESOS | 4 |
| 3.12 REPLANTEO | 4 |
| 3.13 COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS | 4 |
| 3.14 ORDEN DE LOS TRABAJOS | 4 |
| 3.15 FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS | 4 |
| 3.16 AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR | 5 |
| 3.17 PRORROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR | 5 |
| 3.18 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA | 5 |
| 3.19 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS | 5 |
| 3.20 OBRAS OCULTAS | 5 |
| 3.21 TRABAJOS DEFECTUOSOS | 5 |
| 3.22 VICIOS OCULTOS | 6 |
| 3.23 DE LOS MATERIALES Y DE LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA | 6 |
| 3.24 PRESENTACIÓN DE MUESTRAS | 6 |
| 3.25 MATERIALES NO UTILIZABLES | 6 |
| 3.26 GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS | 6 |
| 3.27 LIMPIEZA DE LAS OBRAS | 6 |
| 3.28 PLAZO DE GARANTÍA | 7 |
| 3.29 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE | 7 |
| 3.30 RECEPCIÓN DEFINITIVA | 7 |
| 3.31 PRORROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA | 7 |
| 3.32 RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA | 7 |
| 4. CONDICIONES ECONÓMICAS | 7 |
| 4.1 PRINCIPIO GENERAL | 7 |
| 4.2 COMPOSICIÓN DE PRECIOS UNITARIOS | 8 |
| 4.3 PRECIO DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA | 9 |
| 4.4 PRECIOS CONTRADICTORIOS | 9 |
| 4.5 RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS | 9 |

| | |
|---|----|
| 4.5 RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS..... | 9 |
| 4.6 FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS..... | 9 |
| 4.7 DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS | 9 |
| 4.8 ACOPIO DE MATERIALES | 9 |
| 4.9 VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS..... | 10 |
| 4.10 MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS | 10 |
| 4.11 ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA | 10 |
| 4.12 ABONO DE AGOTAMIENTO Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES | 10 |
| 4.13 PAGOS..... | 11 |
| 4.14 ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA | 11 |
| 4.15 IMPORTE DE LA IDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS | 11 |
| 4.16 DEMORA DE LOS PAGOS | 11 |
| 4.17 MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA. CASOS CONTRARIOS..... | 11 |
| 4.18 UNIDADES DE OBRAS DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES..... | 12 |
| 4.19 SEGURO DE LAS OBRAS..... | 12 |
| 4.20 CONSERVACIÓN DE LA OBRA..... | 12 |
| 4.21 USO POR EL CONTRATISTA DE EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO | 12 |
| 4.22 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL..... | 12 |
| 4.23 CARGOS AL CONTRATISTA | 12 |
| 5. CONDICIONES TÉCNICAS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS IDEA | 13 |
| 5.1 OBJETO..... | 13 |
| 5.2 GENERALIDADES | 13 |
| 5.3 DEFINICIONES | 14 |
| 5.3.1 RADIACIÓN SOLAR..... | 14 |
| 5.3.2 GENERADORES FOTOVOLTAICOS | 14 |
| 5.3.3 INVERSORES..... | 15 |
| 5.3.4 INSTALACIÓN | 15 |
| 5.3.5 INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA..... | 16 |
| 5.4 DISEÑO | 16 |
| 5.4.1 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS..... | 16 |
| 5.4.2 DIMENSIONES DEL SISTEMA | 17 |
| 5.4.3 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN..... | 17 |
| 5.5 COMPONENTES Y MATERIALES | 18 |
| 5.5.1 GENERALIDADES | 18 |
| 5.5.2 GENERADORES FOTOVOLTAICOS | 18 |
| 5.5.3 ESTRUCTURA SOPORTE | 19 |
| 5.5.4 INVERSORES..... | 20 |
| 5.5.5 CABLEADO..... | 22 |
| 5.5.6 PROTECCIONES Y PUESTA A TIERRA | 22 |
| 5.5.7 SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS | 23 |
| 5.6 RECEPCIÓN Y PRUEBAS..... | 24 |
| 5.7 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO | 25 |
| 5.7.1 GENERALIDADES | 25 |
| 5.7.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO | 25 |
| 5.7.3 GARANTÍAS | 26 |

| | |
|--|----|
| 6. CONDICIONES JURÍDICAS..... | 28 |
| 6.1 ACCIDENTES Y DAÑOS PRODUCIDOS EN LAS OBRAS | 28 |
| 6.2 PARO O APLAZAMIENTO DE LA OBRA | 28 |
| 6.3 SUSPENSIÓN DE PAGOS | 28 |
| 6.4 RESTRICCIÓN DE CONTRATO | 29 |
| 6.5 ARBITRAJE | 29 |
| 6.6 AUDITORÍA | 30 |

1. OBJETO

El objeto de este Pliego es definir las condiciones que han de regir en la ejecución de las obras de las instalaciones fotovoltaicas, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra o instalación, al contratista o instalador de la misma, al ingeniero técnico director de la obra, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de la instalación. Establece las condiciones generales de contratación entre la parte contratante para la que se realiza la obra, y el contratista, que es el que realiza la obra.

2. CONDICIONES GENERALES

A continuación se nombrarán las normas generales de ejecución que serán de obligado cumplimiento:

- Todos los materiales y equipos que se utilicen en la obra, deberán cumplir las condiciones que se establecen en el Pliego de Condiciones, y deberán ser aprobados por la parte contratante.
- Será obligación del contratista, indicar al representante de la parte contratante, la procedencia de los materiales y equipos que vayan a ser utilizados, con la antelación suficiente para que puedan hacerse las comprobaciones y ensayos que estime conveniente la parte contratante.
- La aceptación de un material en un momento determinado, no será obstáculo para que si posteriormente fueran encontrados defectos, sea rechazado.
- El contratista dará todo tipo de facilidades, poniendo a disposición de la parte contratante, y a su costa, toda clase de muestras de materiales que estime oportuno examinar.
- Los trabajos a realizar se ejecutarán de acuerdo con el proyecto y demás documentos redactados por el ingeniero autor del mismo.
- Cualquier variación que se pretenda ejecutar sobre la obra proyectada deberá ser puesta, previamente, en conocimiento del ingeniero director, sin cuyo conocimiento no será ejecutada. En caso contrario, el contratista, ejecutante de dicha unidad de obra, será el responsable de las consecuencias que ello origine.
- El contratista nombrará un encargado general, el cual deberá estar constantemente en obra, mientras en ella trabajen obreros de su gremio. La misión del encargado será la de atender y entender las órdenes de la dirección facultativa, conocer el presente Pliego de Condiciones exhibido por el contratista y velar de que el trabajo se ejecute en buenas condiciones y según las buenas artes de la construcción.

3. CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1. El Ingeniero Director

Corresponde al Ingeniero Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución de ingeniería.

- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión del Ingeniero, el certificado final de la misma.

3.2. El Constructor

Corresponde al Constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento.
- Suscribir con el Ingeniero, el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Ingeniero, con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

3.3. Verificación de los documentos del proyecto

- Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.
- El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

3.4. Plan de seguridad e higiene

- El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Ingeniero Técnico de la Dirección Facultativa.

3.5. Oficina en la obra

- El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero.

- La Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El Libro de Incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

3.6. Presencia del constructor en la obra

- El Jefe de la obra estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

3.7. Trabajos no estipulados expresamente

- Es obligación de la contrata el ejecutar la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

3.8. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

- Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

- El Constructor podrá requerir del Ingeniero, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

3.9. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

- Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Ingeniero, ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

3.10. Faltas de personal

- El Ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

3.11. Caminos y accesos

- El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El Ingeniero podrá exigir su modificación o mejora. Así mismo el Constructor se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, que deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

3.12. Replanteo

- El Constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

- El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

3.13. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

- El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquellos señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

3.14. Orden de los trabajos

- En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

3.15. Facilidades para otros contratistas

- De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean

encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

3.16. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

- Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero.

3.17. Prorroga por causa de fuerza mayor

- Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

3.18. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

- El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

3.19. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

- Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el Ingeniero al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

3.20. Obras ocultas

- De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderá por triplicado, entregándose: uno, al Ingeniero y el segundo, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

3.21. Trabajos defectuosos

- El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las Pliego de Condiciones Técnicas particulares y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los

trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados.

3.22. Vicios ocultos

- Si el Ingeniero tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dado cuenta de la circunstancia al Ingeniero.

3.23. De los materiales y de los aparatos. Su procedencia

- Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Ingeniero una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

3.24. Presentación de muestras

- A petición del Ingeniero, el Constructor le, presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el Calendario de la Obra.

3.25. Materiales no utilizables

- El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

- Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero.

3.26. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

- Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, será de cuenta de la contrata.

- Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

3.27. Limpieza de las obras

- Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

3.28. Plazo de garantía

- El plazo de garantía será de un año, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se reprodujeran.
- El Contratista garantiza a la Administración contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

3.29. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

- Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitivas, correrán a cargo del Contratista. Por lo tanto el Contratista durante este año de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse.

3.30. Recepción definitiva

- La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma conservación de las instalaciones y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

3.31. Prórroga del plazo de garantía

- Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias.

3.32. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

- En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

4. CONDICIONES ECONÓMICAS

4.1. Principio general

- Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.
- La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

4.2. Composición de precios unitarios

- El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

Beneficio industrial:

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 8 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución material:

Se denominará Precio de Ejecución material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

4.3. Precio de contrata. Importe de contrata

- En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista.

4.4. Precios contradictorios

- Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

- El Contratista estará obligado a efectuar los cambios. A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares.

4.5. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

- Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

4.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

- En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de forma de medir las unidades de obra ejecutadas.

4.7. De la revisión de los precios contratados

- Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al tres por 100 (3%) del importe total del presupuesto de Contrato.

- No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

4.8. Acopio de materiales

- El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

- Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

4.9. Valoración y abono de los trabajos

- Previa mediación y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Ingeniero los datos correspondientes de la relación valorada.
- Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En caso de que el Ingeniero-Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

4.10. Mejoras de obras libremente ejecutadas

- Cuando el Contratista, con autorización del Ingeniero-Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero-Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

4.11. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

- El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:
 - a) Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
 - b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
 - c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista.

4.12. Abono de agotamientos y otros trabajos especiales

- Cuando fuese preciso efectuar agotamientos inyecciones u otra clase de trabajos de cualquiera índole especial u ordinaria, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, siempre que la Dirección Facultativa lo considerará necesario para la seguridad y calidad de la obra.

4.13. Pagos

- Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero-Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

4.14. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

- Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1º. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Ingeniero-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto.

2º. Se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

3º. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

4.15. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras

- La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (0/00) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra.

4.16. Demora de los pagos

- Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

4.17. Mejoras y aumentos de obra. Casos contrarios

- No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el ingeniero- Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero-Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

4.18. Unidades de obras defectuosas pero aceptables

- Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Ingeniero-Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

4.19. Seguro de las obras

- El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

- Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

4.20. Conservación de la obra

- Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

4.21. Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario

- Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

4.22. Seguro de responsabilidad civil

- El Contratista deberá tener contratado un Seguro por Responsabilidad Civil de daños a terceros por causa de esta obra, sus instalaciones o maquinaria, cuyo importe mínimo por siniestro será de un millón doscientos mil euros (1.200.000).

4.23. Cargos al contratista

- Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero-Director, en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

5. CONDICIONES TECNICAS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS IDAE

5.1. Objeto

- Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.
- Se valorará la calidad final de la instalación por el servicio de energía eléctrica proporcionado (eficiencia energética, correcto dimensionado, etc.) y por su integración en el entorno.
- El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se aplica a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.
- En determinados supuestos del proyecto se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.
- Este PCT está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Energías Renovables.

5.2. Generalidades

- Este Pliego es de aplicación, a todas las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de la red destinadas a:
 - Electrificación de viviendas y edificios
 - Alumbrado público
 - Aplicaciones agropecuarias
 - Bombeo y tratamiento de agua
 - Aplicaciones mixtas con otras fuentes de energías renovables
- También podrá ser de aplicación a otras instalaciones distintas a las del apartado 2.1, siempre que tengan características técnicas similares.
- En todo caso es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas:
 - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
 - Código Técnico de la Edificación (CTE), cuando sea aplicable.
 - Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

5.3. Definiciones

5.3.1. Radiación solar

- **Radiación solar**
Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- **Irradiancia**
Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .
- **Irradiación**
Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en MJ/m^2 o kWh/m^2 .
- **Año Meteorológico Típico de un lugar (AMT)**
Conjunto de valores de la irradiación horaria correspondientes a un año hipotético que se construye eligiendo, para cada mes, un mes de un año real cuyo valor medio mensual de la irradiación global diaria horizontal coincida con el correspondiente a todos los años obtenidos de la base de datos.

5.3.2. Generadores Fotovoltaicos

- **Célula solar o fotovoltaica**
Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.
 - **Célula de tecnología equivalente (CTE)**
Célula solar cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman el generador fotovoltaico.
 - **Módulo fotovoltaico**
Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- Rama fotovoltaica**
Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados, en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- Generador fotovoltaico**
Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- Condiciones Estándar de Medida (CEM)**
Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidas del modo siguiente:
- Irradiancia (GSTC): 1000 W/m^2
 - Distribución espectral: AM 1,5 G
 - Incidencia normal

- Temperatura de célula: 25 °C

-Potencia máxima del generador (potencia pico)

Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.

-TONC

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s.

5.3.3. Inversores

- Inversor

Convertidor de corriente continua en corriente alterna.

- VRMS

Valor eficaz de la tensión alterna de salida.

- Potencia nominal (VA)

Potencia especificada por el fabricante, y que el inversor es capaz de entregar de forma continua.

- Capacidad de sobrecarga

Capacidad del inversor para entregar mayor potencia que la nominal durante ciertos intervalos de tiempo.

- Rendimiento del inversor

Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. Depende de la potencia y de la temperatura de operación.

- Factor de potencia

Cociente entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA) a la salida del inversor.

5.3.4. Instalación

- Instalaciones fotovoltaicas

Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

- Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.

- Línea y punto de conexión y medida

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

- **Interruptor automático de la interconexión**

Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

- **Interruptor general**

Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

- **Generador fotovoltaico**

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas

- **Rama fotovoltaica**

Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

- **Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal**

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

5.3.5. Integración arquitectónica

Según los casos, se aplicarán las denominaciones siguientes:

- **Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos**

Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

- **Revestimiento**

Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

- **Cerramiento**

Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.

- **Elementos de sombreado**

Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras.

5.4 Diseño

5.4.1. Orientación, inclinación y sombras

- Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el período de diseño, no serán superiores a los valores especificados en la tabla I.

TABLA I

| <i>Pérdidas de radiación del generador</i> | <i>Valor máximo permitido (%)</i> |
|--|-----------------------------------|
| Inclinación y orientación | 20 |
| Sombras | 10 |
| Combinación de ambas | 20 |

- El cálculo de las pérdidas de radiación causadas por una inclinación y orientación del generador distintas a las óptimas se hará de acuerdo al apartado 3.2 del anexo I.
- En aquellos casos en los que, por razones justificadas, no se verifiquen las condiciones del apartado 4.1.1, se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose el cálculo en la Memoria de Solicitud.

5.4.2. Dimensionado del sistema

- Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este PCT.
- Se realizará una estimación del consumo de energía.
- Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido ($P_{mp, min}$) para cubrir las necesidades de consumo.
- El instalador podrá elegir el tamaño del generador y del acumulador en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida y de cualquier otro factor que quiera considerar. El tamaño del generador será, como máximo, un 20% superior al $P_{mp, min}$ calculado en 4.2.3. En aplicaciones especiales en las que se requieran probabilidades de pérdidas de carga muy pequeñas podrá aumentarse el tamaño del generador, justificando la necesidad y el tamaño en la Memoria de Solicitud.
- Como criterio general, se valorará especialmente el aprovechamiento energético de la radiación solar.

5.4.3. Sistema de monitorización

- El sistema de monitorización, cuando se instale, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:
 - Tensión y corriente CC del generador.
 - Potencia CC consumida, incluyendo el inversor como carga CC.
 - Potencia CA consumida si la hubiere, salvo para instalaciones cuya aplicación exesclusivamente el bombeo de agua.
 - Contador volumétrico de agua para instalaciones de bombeo.
 - Radiación solar en el plano de los módulos medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
 - Temperatura ambiente en la sombra.

- Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación de las mismas se hará conforme al documento del JRC-Ispra “GuidelinesfortheAssessment of PhotovoltaicPlants – Document A”, Report EUR 16338 EN.

5.5. Componentes y materiales

5.5.1. Generalidades

- Todas las instalaciones deberán cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas, y entre ellas las dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o legislación posterior vigente.
- Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico (clase I) para equipos y materiales.
- Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos, especialmente en instalaciones con tensiones de operación superiores a 50 VRMS o 120 V CC. Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico de clase II.
- Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Todos los equipos expuestos a la intemperie tendrán un grado mínimo de protección IP65, y los de interior, IP20.
- Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas podrán ser certificadas por el fabricante).
- En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las especificaciones técnicas, proporcionadas por el fabricante, de todos los elementos de la instalación.
- Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar donde se sitúa la instalación.

5.5.2. Generadores fotovoltaicos

- Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, o UNE-EN 62108 para módulos de concentración, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos FV, Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente emitido por algún laboratorio acreditado.

- El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.
- Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria justificación de su utilización.
- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 5\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células, o burbujas en el encapsulante.
- Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.
- Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.
- Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.
- En aquellos casos en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

5.5.3. Estructura soporte

- Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.
- La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

- La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la misma.
- La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- Los topes de sujeción de módulos, y la propia estructura, no arrojarán sombra sobre los módulos.
- Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

5.5.4. Inversores

- Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.
- Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.
- Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.
- El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.
- La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

$V_{NOM} \pm 5 \%$, siendo $V_{NOM} = 220 \text{ VRMS}$ o 230 VRMS
 $50 \text{ Hz} \pm 2 \%$

- El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.
- El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (TV, motores, etc.), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.
- Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:
 - Tensión de entrada fuera del margen de operación.
 - Desconexión del acumulador.
 - Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
 - Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.
- El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida.
- Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).
- El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la tabla II.

TABLA II

| <i>Tipo de inversor</i> | | <i>Rendimiento al 20 % de la potencia nominal</i> | <i>Rendimiento a potencia nominal</i> |
|-------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|
| Onda senoidal (*) | $P_{NOM} \leq 500 \text{ VA}$ | >85% | >75% |
| | $P_{NOM} > 500 \text{ VA}$ | >90% | >85% |
| Onda no senoidal | | >90% | >85% |

(*) Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5 % cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

- Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:
 - Potencia nominal (VA)
 - Tensión nominal de entrada (V)
 - Tensión (V RMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida.
 - Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
 - Polaridad y terminales

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

-Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

- Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

5.5.5. Cableado

- Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.
- Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % a la tensión nominal continua del sistema.
- Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.
- Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.
- Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

5.5.6. Protecciones y puesta a tierra

- Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.
- El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.
- La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

5.5.7. Sistemas generadores fotovoltaicos

- Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

-UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.

-UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres.

Cualificación del diseño y aprobación de tipo.

-UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

- Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

- Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

- Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

- El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

- Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

- Será deseable una alta eficiencia de las células.
- La estructura del generador se conectará a tierra.

- Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

- Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años

5.6. Recepción y pruebas

- El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas del lugar del usuario de la instalación, para facilitar su correcta interpretación.

- Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán, como mínimo, las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

- Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad, especialmente las del acumulador.

- Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. El Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que el sistema ha funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos del sistema suministrado. Además se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Entrega de la documentación requerida en este PCT.

- Retirada de obra de todo el material sobrante.

- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

- Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación del sistema, aunque deberá adiestrar al usuario.

- Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o elección de componentes por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de ocho años contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Recepción Provisional.

- No obstante, vencida la garantía, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

5.7. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

5.7.1. Generalidades

- Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo), al menos, de tres años.
- El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual.
- El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los diferentes fabricantes.

5.7.2. Programa de mantenimiento

- El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica aisladas de la red de distribución eléctrica.
- Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento correctivo
- Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:
 - La visita a la instalación en los plazos indicados, y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la instalación.
 - El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
 - Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

-El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

- El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes actividades:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

- En instalaciones con monitorización la empresa instaladora de la misma realizará una revisión cada seis meses, comprobando la calibración y limpieza de los medidores, funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos, almacenamiento de los datos, etc.

- Las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en un libro de mantenimiento.

5.7.3. Garantías

- Ámbito general de la garantía:

- Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

- La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

- Plazos:

- El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de tres años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de ocho años.

- Si hubiera de interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

- Condiciones económicas:

- La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

- Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

- Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

- Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

- Anulación de la garantía:

- La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, excepto en las condiciones del último punto del apartado 7.3.3.4.

- Lugar y tiempo de la prestación:

- Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

- El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

- Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

- El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

6. CONDICIONES JURÍDICAS

6.1. Accidentes y daños producidos en las obras

- El contratista será el único responsable de los daños y perjuicios producidos durante la realización de los trabajos, bien sobre la maquinaria de trabajo, equipos que se estén instalando, daños a terceros e incluso cualquier accidente que suceda a cualquiera de los operarios que estén trabajando bajo su responsabilidad.
- Como consecuencia de ello, el contratista deberá reparar los daños y perjuicios ocasionados.
- El contratista será responsable de los equipos y materiales desde el momento que se hace cargo de ellos para su instalación, hasta la recepción definitiva por la parte contratante.
- El contratista se responsabilizará de la adecuada protección de los equipos que van a ser instalados, contra los daños originados al ser expuestos a la intemperie y tomará medidas para evitar daños o pérdidas por cualquier motivo.
- También se hará responsable de los daños o pérdidas que puedan sufrir los equipos que son objeto de los trabajos de montaje, como consecuencia de su actuación en la colocación de dichos equipos. Por consiguiente, deberá sustituirlos o repararlos.
- Sólo serán admisibles las reclamaciones del contratista por pérdidas, averías o daños a la parte contratante.
- La parte contratante en modo alguno se hará cargo de las pérdidas, daños o averías que sufra el contratista.
- El contratista deberá tomar a su costa todas las medidas oportunas para que su maquinaria y sus materiales que utilice en la obra no sufran daños.

6.2. Paro o aplazamiento de la obra

- En el caso de que la parte contratante mande el paro absoluto de los trabajos, el contrato queda automáticamente rescindido.
- Si la parte contratante manda el aplazamiento de los trabajos por un tiempo superior al 30% del tiempo que transcurre desde la adjudicación hasta la finalización estimada, el contratista tiene el derecho a la indemnización que le corresponda.
- El contratista también tendrá el derecho a la rescisión del contrato en el caso de que se produzcan diversos aplazamientos, cuya duración total exceda del 30% anteriormente citado.

- Si por algún motivo la parte contratante manda el cese de las obras durante un periodo inferior al 30% de tiempo antes mencionado, el contratista tendrá derecho a una indemnización pero no a la rescisión del contrato.

6.3. Suspensión de pagos

- En el caso de que se produzca la quiebra o suspensión de pagos por parte del contratista, la parte contratante podrá rescindir el contrato, siendo suficiente la notificación de la suspensión en el plazo de dos meses a partir de la declaración de suspensión de pagos.

- Las medidas que la parte contratante tuviera que tomar para la conservación y seguridad de las obras realizadas irán a cargo del contratista.

6.4. Rescisión de contrato

- Si se produjera la rescisión de contrato, se comprobarán las obras realizadas, se hará un inventario de los materiales que ha recibido el contratista, así como de la maquinaria y de las instalaciones de la obra.

- Si se rescinde el contrato por los casos anteriormente indicados, la parte contratante podrá exigir al contratista que mantenga en la obra todos o parte de sus equipos y material para poder seguir con los trabajos, contratando a otro contratista.

- Los materiales y las instalaciones retenidas serán comprados o alquilados por la parte contratante al contratista, siendo evaluados los precios de cesión, bien por un peritaje o por un acuerdo entre ambas partes.

- Si fuera necesario poner en buen estado de funcionamiento el material y maquinaria alquilados, los gastos irán a cargo del contratista.

- Desde la rescisión del contrato y hasta que no se haga cargo de la maquinaria y materiales que estime necesario para continuar los trabajos de la obra, la parte contratante no pagará ningún alquiler.

- Cuando la parte contratante no necesite la maquinaria contratada, avisará al contratista para que proceda a la retirada de su material.

- La parte contratante deberá devolver la maquinaria en perfecto estado de funcionamiento. En caso de que no sea así, la parte contratante deberá indemnizar al contratista de acuerdo con los daños producidos, que serán evaluados por un peritaje o por mutuo acuerdo.

6.5. Arbitraje

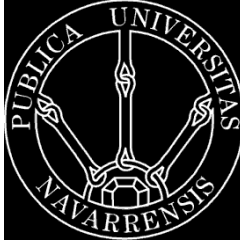
- Cualquier tipo de problemas que surjan, tanto en la interpretación del contrato, como en la ejecución del mismo, será arreglado mediante un arbitraje.

- Se nombrarán tres árbitros, uno por cada una de las partes, y el tercero será elegido por mutuo acuerdo de ambas partes.

- Si no hubiera acuerdo para la elección del tercer árbitro, éste será nombrado por el juez competente.

6.6. Auditoría

- El contratista tendrá derecho a ejercitar auditoria sobre los libros y comprobantes del contratista relacionados con los costos, partes de horas, partes de asistencia, facturación y gastos reembolsables.
- Este derecho podrá ejercitarse cuantas veces se considere razonable, dentro del año posterior a las fechas de las facturaciones o cargos del contratante.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

DOCUMENTO Nº 5: PRESUPUESTO

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

| | |
|--|---|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. PRESUPUESTO..... | 1 |
| 2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M) | 4 |
| 2.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C) | 5 |
| 2.3. PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA | 5 |
| 2.4. PRESUPUESTO GENERAL TOTAL | 5 |

1. INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como objetivo la estimación del presupuesto general de ejecución del proyecto “Diseño de una Instalación Desaladora de agua abastecida con una Planta Fotovoltaica”. Para ello, se tendrá en cuenta el coste que supondrá el inmovilizado (equipos, conducciones y accesorios) y la mano de obra para la construcción y montaje de los equipos en la instalación proyectada.

En primer lugar se calculará el Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M) referente al precio de los equipos. A continuación, se incluirá el Beneficio Industrial y los Gastos Generales obteniéndose el Presupuesto de Ejecución por contrata (P.E.C). Después se incluirá el presupuesto de redacción (3%) y el presupuesto de dirección (3%) del proyecto. Por último, para obtener el presupuesto total, se le añadirá el IVA, que supone un 21%.

2. PRESUPUESTO

A continuación se detallarán los precios unitarios de cada uno de los elementos que componen la instalación proyectada.

El presupuesto se agrupa en las siguientes partidas.

- **UNIDAD DE FILTROS DE ARENA**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|---|--|---------------------|-----------------|
| 2 | FILTROS DE ARENA horizontal y de presión de características: | 1.153,25 | 2.306,50 |
| | Fabricante CALPLAS, serie H | | |
| | Diámetro: 2,55 m | | |
| | Longitud: 6,5 m | | |
| | Superficie filtrante: 14,4 m2 | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA FILTROS DE ARENA | | | 2.306,50 |

- **UNIDAD DE FILTROS DE CARTUCHOS**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|---|---|---------------------|--------------|
| 2 | FILTROS DE CARTUCHO de características: | 4.382,5 | 8.765 |
| | Fabricante: HARMSCO, HIF 100 | | |
| | Caudal máximo 75 m3/h | | |
| | Cartuchos instalados: 42 | | |
| | Longitud cartuchos: 1250 mm | | |
| | Grado filtración nominal: 5 micras | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA FILTROS DE CARTUCHOS | | | 8.765 |

- **UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|--|--|---------------------|------------------|
| 32 | MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA de características: | 940 | 30.080 |
| | Fabricante: HIDRANAUTICS, SWC4 MAX | | |
| | Tipo: Poliamida aromática | | |
| | Configuración: Arrollamiento espiral | | |
| | Diámetro: 8" | | |
| | Longitud: 40" | | |
| 5 | TUBOS DE PRESIÓN para albergar 7 elementos de membrana de características: | 1.243,15 | 6.215,75 |
| | Fabricante: SELL | | |
| | Diámetro: 8" | | |
| | Longitud: 40" | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA OSMOSIS INVERSA | | | 36.295,75 |

- **BOMBAS**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|-----------------------------------|---|---------------------|------------------|
| 2 | BOMBA DE CAPTACION centrífuga para captación de Agua de Mar de características: | 3.659 | 7.318 |
| | Fabricante: ITUR BOMBAS | | |
| | Caudal: 1600 m ³ | | |
| | Presión: 10 bar | | |
| 1 | BOMBA DE ALTA PRESIÓN de características: | 58.764,13 | 58.764,13 |
| | Fabricante: HIDROTECAR, LE | | |
| | Caudal: 700 m ³ /h | | |
| | Presión: 98,07 bar | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA BOMBAS | | | 66.082,13 |

- **MÓDULOS**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|
| 2.704 | MÓDULOS FOTOVOLTAICOS | 300 | 811.200 |
| | Fabricante: ISOFOTÓN | | |
| | Modelo: I-165 | | |
| | Tensión: 12 V | | |
| | Potencia: 165 W | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA MÓDULOS | | | 811.200 |

- **INVERSORES**

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|---------------------------------------|--|---------------------|----------------|
| 2 | INVERSORES para el sistema de bombeo de captación | 17.554 | 35.108 |
| | Fabricante: LTiREEnergy | | |
| | Modelo: PV MASTER 450-047 | | |
| | Tensión AC: 400 V | | |
| | Intensidad AC: 80 A | | |
| | Potencia AC: 47 KW | | |
| 4 | INVERSORES para el sistema de bombeo de alta presión | 26.249 | 104.996 |
| | Fabricante: LTiREEnergy | | |
| | Modelo: PV MASTER 450-100 | | |
| | Tensión AC: 400 V | | |
| | Intensidad AC: 160 A | | |
| | Potencia AC: 100 KW | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA INVERSORES | | | 140.104 |

- **CABLES ELÉCTRICOS**

| METROS | DESCRIPCIÓN | PRECIO METRO (€) | TOTAL (€) |
|--|---|------------------|---------------|
| 3.130 | CABLES ELÉCTRICOS inter-conexionado de módulos | 2,7 | 8.451 |
| 1.600 | CABLES ELÉCTRICOS caja conexiones - inversores | 2,7 | 4.320 |
| 290 | CABLES ELÉCTRICOS inversores - caja de conexiones general | 2,7 | 783 |
| 1.300 | CABLES ELÉCTRICOS caja de conexiones general - bombas | 2,7 | 3.510 |
| | Fabricante: CABLENA S.A. | | |
| | Modelo: RV-K 0,6 / 1 kV | | |
| PRESUPUESTO PARTIDA CABLES ELÉCTRICOS | | | 17.064 |

- **OBRA CIVIL**

| METROS | DESCRIPCIÓN | PRECIO METRO (€) | TOTAL (€) |
|---------------------------------------|---|------------------|------------------|
| 1.374 | TUBERIAS DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO | 16,12 | 22.148,88 |
| 24 | TUBERIAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 316 L | 36,85 | 884.4 |
| 1.398 | EXCAVACIÓN DE ZANJAS | 23,28 | 32.545,44 |
| PRESUPUESTO PARTIDA OBRA CIVIL | | | 55.578,32 |

- **ESTRUCTURA SOPORTE Y ANCLAJE**

| METROS | DESCRIPCIÓN | Kg / metro | PRECIO (€ / Kg) | TOTAL (€) |
|--------|--|------------|-----------------|-----------|
| 7.540 | PERFIL DE ACERO abierto de sección en C | 2,63 | 1,19 | 23.587,94 |
| | Dimensiones: 60 x 30 x 3 cm | | | |
| 1.560 | PERFIL DE ACERO cerrado de sección rectangular | 3,94 | 1,19 | 7.314,22 |
| | Dimensiones: 40 x 80 x 2,25 cm | | | |

| METROS CÚBICOS | DESCRIPCIÓN | PRECIO (€ /m3) | TOTAL (€) |
|----------------|---|----------------|-----------|
| 399,36 | ZAPATAS de hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central. | 95,65 | 38.198,78 |
| | Dimensiones: 80 x 80 x 60 cm | | |

| UNIDADES | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO (€) | TOTAL (€) |
|---|--|---------------------|------------------|
| 1.040 | PERNOS DE ANCLAJE Métrica 16 y calidad 8.8 con tuerca de nivelación y contratuerca | 5,25 | 5.460 |
| PRESUPUESTO PARTIDA ESTRUCTURA SOPORTE Y ANCLAJE | | | 74.560,94 |

2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (P.E.M)

| PARTIDAS | COSTE (€) |
|------------------------------|---------------------|
| Filtros de arena | 2.306,50 |
| Filtros de cartucho | 8.765 |
| Osmosis Inversa | 36.295,75 |
| Bombas | 66.082,13 |
| Obra Civil | 55.578,32 |
| Módulos | 811.200 |
| Inversores | 140.104 |
| Cables eléctricos | 17.064 |
| Estructura soporte y anclaje | 74.560,94 |
| Mano de Obra (3%) | 54.595,33 |
| TOTAL P.E.M. | 1.248.315,34 |

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL de la Instalación Desaladora de Agua abastecida con una Planta Fotovoltaica asciende a la cantidad de “UN MILLÓN DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS QUINCE EUROS CON TREINTA Y CUATRO CENTIMOS”

2.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C)

| CONCEPTO | COSTE (€) |
|---|---------------------|
| P.E.M | 1.248.315,34 |
| Gastos generales y beneficio industrial (10%) | 124.831,54 |
| TOTAL P.E.C | 1.373.146,87 |

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA de la Instalación Desaladora de Agua abastecida con una Planta Fotovoltaica asciende a la cantidad de “UN MILLÓN TRESCIENTOS SETENTA Y TRES MIL CIENTO CUARENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SIETE CENTIMOS”

2.3. PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA

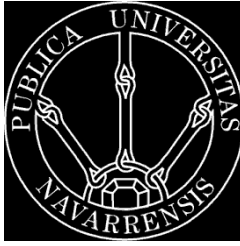
| CONCEPTO | COSTE (€) |
|---|---------------------|
| P.E.C | 1.373.146,87 |
| Presupuesto de Redacción de Proyecto (3%) | 41.194,41 |
| Presupuesto de Dirección de Proyecto (3%) | 41.194,41 |
| TOTAL PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA | 1.455.535,68 |

EL PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA de la Instalación Desaladora de Agua abastecida con una Planta Fotovoltaica asciende a la cantidad de “UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y OCHO CENTIMOS”

2.4. PRESUPUESTO GENERAL

| CONCEPTO | COSTE (€) |
|----------------------------------|---------------------|
| PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA | 1.455.535,68 |
| I.V.A (21%) | 305.662,49 |
| TOTAL PRESUPUESTO GENERAL | 1.761.198,17 |

EL PRESUPUESTO GENERAL de la Instalación Desaladora de Agua abastecida con una Planta Fotovoltaica asciende a la cantidad de “UN MILLÓN SETECIENTOS SESENTA Y UNO MIL CIENTO NOVENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CENTIMOS”



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DESALADORA DE
AGUA ABASTECIDA CON UNA PLANTA
FOTOVOLTAICA

DOCUMENTO Nº 6: SEGURIDAD Y SALUD

Eduardo Jiménez Ayerra
Martín Ibarra Murillo
Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. MEMORIA | |
| 1.1. OBJETO DEL ESTUDIO | 1 |
| 1.2. NORMATIVA | 1 |
| 1.3. CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION..... | 1 |
| 1.4. DEFINICION DE LOS RIESGOS | 2 |
| 1.5. MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENCION..... | 5 |
| 2. PLIEGO DE CONDICIONES | |
| 2.1. DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES | 6 |
| 2.2. CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION..... | 7 |
| 2.3. SERVICIOS DE PREVENCION | 17 |
| 2.4. INSTALACIONES MÉDICAS | 17 |
| 3. PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL..... | 17 |

1. MEMORIA

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objetivo de éste documento es el estudio de seguridad y salud de la instalación desaladora y las instalaciones fotovoltaicas de nuestro proyecto.

1.2. NORMATIVA

Como consecuencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales el MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA ha aprobado el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, publicado en el B.O.E. núm. 256 de 25 de Octubre de 1997.

En este Real Decreto se define el nuevo ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD, así como el ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD y el PLAN DE SEGURIDAD Y SALUDEN EL TRABAJO.

Según el artículo 17 de este Real Decreto, es obligatoria la inclusión del Estudio de seguridad y salud o del Estudio Básico de seguridad y salud en el proyecto de obra para poder visar dicho proyecto y también para la expedición de la licencia municipal y de otras autorizaciones y trámites por parte de las diferentes Administraciones públicas.

1.3. CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

1.3.1. Descripción de la instalación y situación.

La obra objeto de este estudio son las instalaciones eléctricas, obras y montajes asociados para la instalación de un conjunto de placas fotovoltaicas para generación de energía eléctrica.

1.3.2. Descripción de los procesos.

Por orden cronológico los procesos a realizar son los siguientes.

- Montaje de sistemas para asegurar la seguridad de las personas y las cosas.
- Montaje de estructura de soporte anclada sobre el terreno existente.
- Montaje de las placas fotovoltaicas.
- Tendido de cables de potencia y de control.
- Conexiones de la puesta a tierra.
- Instalación de Inversores y tendido de líneas de corriente continua y corriente alterna.
- Instalación del cuadro de contadores, protección y medida.
- Pruebas y puesta en marcha.

1.4. DEFINICION DE LOS RIESGOS

Analizamos a continuación los riesgos previsible inherentes a las actividades de ejecución previstas así como los derivados del uso de la maquinaria y medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Con el fin de no hacer innecesariamente repetitiva la relación de riesgos generales, analizaremos primero los riesgos generales, que puedan darse en cualquiera de las actividades, y seguiremos después con el análisis de los específicos de cada actividad, incluyendo los que puedan afectar a terceras personas ajenas a la obra.

De esta forma se pretende, por un lado, hacer operativo este Plan ya que permite una visión general de los riesgos sobre los que habrá que insistir sistemáticamente añadiéndole la actuación sobre otros factores con base a actividades concretas.

1.4.1. Riesgos generales.

Entendemos como riesgos generales aquellos que afectan a todas las personas que trabajen en las actividades objeto de este Plan, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas.
- Caída de personas a distinto nivel (por un hueco, desde plataformas).
- Caída de personas al mismo nivel
- Proyecciones de partículas a los ojos
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros
- Heridas, en manos o pies, por el manejo de materiales
- Sobreesfuerzos
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas
- Heridas por objetos punzantes o cortantes
- Golpes contra objetos
- Atrapamiento entre objetos
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento
- Polvo, ruido, etc.

1.4.1.1. Riesgos específicos.

Hacemos referencia a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en la misma.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales antes relacionados, más los específicos de su actividad.

En consecuencia, analizamos a continuación las actividades más significativas.

1.4.1.2. Albañilería y pintura.

En la realización de estos trabajos, además de los generales, pueden darse los siguientes riesgos añadidos:

- Aumento de posibilidades de caídas de altura, de materiales o personas, a causa de la continua movilidad del trabajo.
- Intoxicación por inhalación de vapores tóxicos.
- Salpicaduras, principalmente a los ojos, de productos irritantes
- Incendios de vapores combustibles.

1.4.1.3. Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.

En esta actividad, además de los riesgos generales, anteriormente descritos, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento y caída de la carga, o de una parte, por ser ésta excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes de la carga contra instalaciones.

1.4.1.4. Trabajos de ferralla.

Los riesgos más comunes, que además de los generales, se prevén en la manipulación y montaje de ferralla son:

- Caída de barras durante el izado y transporte de los paquetes
- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado o estirado.

1.4.1.5. Montajes electromecánicos de equipos y de accesorios.

Además de los riesgos generales, son previsibles los siguientes:

- Caída de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos.
- Caída de los materiales.
- Caída de personas desde escaleras de mano o desde tuberías o estructuras.
- Explosiones o incendios debido al uso de gases en trabajos con soplete.

1.4.2. Riesgos derivados del uso de máquinas y medios auxiliares.

Analizaremos en este apartado los riesgos que, además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria, las herramientas eléctricas o mecánicas y los medios auxiliares, con el fin de que este plan sea lo más operativo posible, analizaremos los riesgos previsibles en estos medios auxiliares de ejecución clasificándolos en los siguientes grupos:

1.4.2.1. Máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos.

Los riesgos más significativos son:

- Los característicos de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos tanto directos como indirectos.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas
- Cortes en manos por manipulación de material residual.

1.4.2.2. Medios de elevación.

Consideramos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estribado.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Vuelco de la grúa.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.
- Atrapamiento de cualquier cuerpo durante las operaciones de estrobo o colocación de la carga.

1.4.2.3. Medios de transporte.

Nos referimos en este apartado a los medios de transporte interno de materiales, tales como plataformas, camiones, etc. y a los riesgos previsibles tales como:

- Los ya mencionados en el punto “Transporte de materiales y equipos dentro de la obra”.
- Cualquier accidente o incidente que pudiera producirse por fallo de frenos, dirección o señalización de maniobras, etc.

1.4.2.4. Andamios, plataformas y escaleras.

Son previsibles los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Vuelcos de andamios por fallos de la base o faltas de arriostramiento.
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción.
- Vuelcos o deslizamiento de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.

1.4.2.5. Equipos de soldadura y corte

- Incendios.
- Quemaduras.
- Explosión de botellas de gases.

- Proyecciones incandescentes.

1.5. MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENICION

1.5.1. Medidas preventivas colectivas y de carácter general.

Se adoptaran las medidas preventivas propias de la obra, como son:

- Andamios metálicos.
- Redes: Se colocarán redes a lo largo de toda la nave, encima de la cubierta existente, de manera que se impida la caída de personas a distinto nivel.
- Líneas de vida: Se colocarán líneas de vida para cada diente de la nave industrial. Todos los trabajadores deberán estar unidos en todo momento a dichas líneas de vida mientras trabajen sobre la cubierta.
- Escaleras de mano.
- Plataformas de trabajo

Las generales de la obra a prevenir por el contratista constructor y las específicas del trabajo de instalación eléctrica prevista.

- En las fases de ayudas a la paleta se tendrá un especial interés en arreglar las superficies de tránsito y evacuar los escombros.
- El montaje de aparatos eléctricos siempre se realizará con personal especializado.
- La iluminación con luces portátiles se hará mediante portalámparas estanco con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentado a 220 V.
- No se podrán establecer conexiones de conductores en los cuadros provisionales de obra sin enchufes macho-hembra.
- Las escaleras de mano serán del tipo tijera, con zapatillas antideslizantes y cadena limitadora de la abertura.
- Se prohíbe expresamente la formación de andamios utilizando escaleras de mano
- No se podrán utilizar escaleras de mano o andamios de capitel en lugares con riesgo de caídas desde una altura, si antes no se han instalado las redes o protecciones de seguridad correspondientes.

- Las herramientas a utilizar estarán protegidas con material aislante normalizado contra contactos con energía eléctrica.
- Se retirarán inmediatamente las herramientas con el aislamiento defectuoso, cambiándolas con otras en buen estado.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica se anunciarán por escrito antes de que empiecen a todo el personal de la obra, para así poder evitar posibles accidentes.
- Antes de conectar la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y uniones de todos los cuadros eléctricos y aparatos.
- Antes de la operación anterior se comprobará la existencia real en las salas del centro de transformación, del taburete y de las perchas de maniobra, extintores de polvo seco, carteles avisadores y botiquín. Los operarios tendrán que llevar los equipos de protección personal.

1.5.2. Medidas preventivas individuales.

Indicamos la indumentaria para la protección personal, siendo su utilización más frecuente en esta fase de la obra.

- Casco de polietileno homologado para utilizarlo dentro de la obra de forma permanente.
- Botas aislantes. (CONEXIONES)
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Faja elástica para la sujeción de la cintura.
- Banqueta de maniobra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1. DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES

Serán de obligado cumplimiento las disposiciones que están dentro de las siguientes reglamentaciones:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 11.3.71)
- Comités de Seguridad e Higiene en el trabajo (Decreto 432/71 11.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción (O.M. 20.5.52) (B.O.E.15.6.52).
- Reglamento de los servicios Médicos de Empresa (O.M.21.11.59) (B.O.E.27.11.59)
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M.28.8.70) (B.O.E. 5/7/8/9/9.70)
- Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores (P.M.17.5.74) (B.O.E.29.5.74)

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20.9.73) (B.O.E. 9.10.73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M.23.5.77) (B.O.E 14.6.77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo, en los proyectos de edificación y obras públicas (Real Decreto 555/1986, 21.2.86) (B.O.E.21.3.86).
- Ley de prevención de riesgos laborales (LEY 31/1995,8.11.95).
- Reglamento de Alta Tensión (R.D.3275/1982,1.12.1982).

2.2. CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION

Todas las piezas de protección personal y los elementos de protección colectiva tendrán un período de vida útil. Una vez finalizado este elemento se sustituirá por otro nuevo.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido de lo previsto en una determinada pieza o equipo, será reemplazado inmediatamente, será rehusado y sustituido inmediatamente.

Se sustituirán las piezas y los equipos que a causa del uso se hayan deformado y no tengan la forma que recomienda el fabricante.

El uso de una pieza o de un equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1. Protecciones personales.

A continuación se describen las características de la indumentaria de protección personal más usual:

- Casco

El casco ha de ser de uso personal y obligatorio en las obras de construcción.

Tiene que ser homologado de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.1. (Resolución de la D.G. De Trabajo de 14/12/74, B.O.E. 312 DEL 30.12.74).

Las principales características son:

- Clase N: se puede hacer servir en trabajos de riesgo eléctrico, a tensiones inferiores o iguales a 1000 V.
- Peso: no ha de sobrepasar de 450 gramos.

Los que hayan sufrido impactos violentos o que tengan más de 10 años, aunque no hayan sido utilizados, han de ser sustituidos por unos de nuevos.

En casos extremos los podrán utilizar diversos trabajadores, siempre que se cambien las partes interiores en contacto con la cabeza.

- Botas

Debido a que los trabajadores del ramo de la construcción están sometidos al riesgo de accidentes, y que hay posibilidad de perforación de las suelas por clavos, es obligado el uso de calzado de seguridad (botas, zapatos o sandalias) homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.5. (Resolución de la D.G. De Trabajo del 31.01.08, B.O.E. Núm. 37 del 12.02.80).

Las características principales son:

- Clase III: calzado con puntera y plantilla.
- Peso: no sobrepasaran los 800 gramos.

Cuando se trabaje en tierras húmedas donde se puedan recibir salpicaduras de agua o mortero, las botas serán de goma, Norma Técnica Reglamentaria M.T.27, Resolución de la D.G. De Trabajo del 03.12.81, B.O.E. núm. 305 del 22.12.81, Clase E.

- Guantes

Para evitar agresiones en las manos de los trabajadores (dermatosis, cortes, arañazos, picaduras, etc.) se utilizarán guantes. Pueden ser de diferentes materiales como por ejemplo:

- Algodón punto: trabajos ligeros
- Cuero: manipulación en general
 - Malla metálica: manipulación de chapas cortantes.
 - Lona: manipulación de maderas, etc.

Para la protección contra las agresiones químicas, han de estar homologados según la Norma Técnica Reglamentaria M.T.11 (Resolución de la D. G. de trabajo del 06.05.77) B.O.E núm.158 del 04.07.77. Para los trabajos en los que pueda haber riesgos de electrocución, se utilizarán guantes homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.4 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75. B.O.E. núm. 2111 del 03.11.75).

- Cinturones de seguridad

Cuando se trabaje en un lugar alto y con peligro de caídas eventuales, es preceptivo el uso de cinturones de seguridad homologados de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias siguientes:

M.T.13. (Resolución de la D.G. De trabajo del 08.06.77, B.O.E. núm. 210 del 02.09.77)
M.T. 21 (Resolución de la D.G. De trabajo del 21.02.81, B.O.E. núm.654 del 16.03.81)

M.T. 22 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 23.02.81, B.O.E. núm. 65 del 17.03.81)

Las características principales son:

- Clase A: cinturón de sujeción.

Se utilizarán cuando el trabajador no tenga que desplazarse o cuando sus desplazamientos sean limitados. El elemento de enganche estará siempre tirante para impedir caída libre.

- Clase B: cinturón de suspensión.

Se utilizará cuando el trabajador pueda quedar suspendido, pero solo con la posibilidad de esfuerzos estáticos (peso del trabajador), nunca existirá la posibilidad de caída libre.

- Clase C: cinturón de caída.

Se utilizará cuando el trabajador pueda desplazarse y exista la posibilidad de caída libre. Se tiene que vigilar de forma especial la seguridad del punto de anclaje y su resistencia.

- Dispositivos contra caídas

Cuando los trabajadores hagan operaciones de elevación y descenso, se usarán dispositivos contra caídas según la clasificación, regulada a la Norma Técnica Reglamentaría M.T.28 (Resolución a la D.G. De trabajo del 25.09.82, B.O.E.núm. 229 del 14.12.82).

- **Clase A:** El trabajador hará operaciones de elevación y descenso y necesita libertad de movimientos.

- **Clase B:** Para operaciones de descenso o en las ocasiones en que haga falta una evacuación rápida de personas.

- **Clase C:** Para trabajos de duración corta y sustituyendo andamios.

- Protectores auditivos

Cuando los trabajadores estén en un lugar o área de trabajo con un nivel de ruido superior a los 80 dB (A), es obligatorio el uso de protectores auditivos que siempre son de uso individual.

Estos protectores estarán homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaría M.T.2. (Resolución de la D. G. de TRABAJO DEL 28.07.85 B.O.E.. núm.209 del 01.09.75).

Los protectores auditivos pueden ser: tapones, orejeras o cascos contra el ruido.

Según los valores de atenuación se clasifican en las categorías A,B,C,D,E.

- Protectores de la vista

Cuando los trabajadores están expuestos a la proyección de partículas, polvo y humo, salpicaduras de líquidos, radiaciones peligrosas o deslumbramientos, se tendrán que proteger la vista con gafas de seguridad y /o pantallas. Las gafas y oculares de protección han de estar homologadas de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.16 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.06.78, B.O.E. núm.216 del 09.09.78)

Las pantallas contra la proyección de cuerpos físicos han de ser de material orgánico, transparente, libre de estrías, rayas o deformaciones.

En el caso de pantallas de soldador se ajustarán a las homologaciones recogidas en las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.3 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 28.07.70) y M.T.18 (Resolución de la D.G. De trabajo del 19.01.79, B.O.E.núm.33 del 07.09.70) y M.T.19 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 24.05.79, B.O.E.núm.148 del 27.06.79).

Las gafas protectoras tendrán el cristal doble; será oscuro y retráctil para facilitar que las partículas no las rallen o piquen.

Estas pantallas pueden ser de mano, con arnés propios para que los trabajadores se las ajusten a la cabeza, o acopladas al casco de seguridad.

- Protectores de las vías respiratorias

Consideramos como más frecuentes en este sector la inhalación de polvo en las operaciones de corte con disco de piezas cerámicas o de prefabricados de hormigón. Para proteger las vías respiratorias de los trabajadores dedicados a este trabajo, se harán servir caretas con filtro mecánico homologado de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.7. (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75. B.O.E. núm. 215 de 08.09.75) y M.T.9 (Resolución de la D.G. de trabajo del 28.08.75. B.O.E. núm. 216 de 09.09.75)

- Ropa de trabajo

Los trabajadores utilizarán ropa de trabajo facilitada gratuitamente por la empresa. La ropa será de un tejido ligero y flexible, ajustada al cuerpo, sin elementos adicionales y fáciles de limpiar.

- Herramientas manuales para trabajos eléctricos en B.T.

Si se han de hacer trabajos eléctricos e instalaciones de B.T., las herramientas manuales utilizadas, como destornilladores, alicates, tenazas, etc. Han de estar

homologadas de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M. T. 26 (Resolución de la D.G. de trabajo del 03.09.81.B.O.E. núm. 243 de 10.10.81).

- Barandillas

Han de estar colocadas alrededor del perímetro de los agujeros donde trabajan los instaladores eléctricos o mecánicos en los que hay peligro de que caigan las personas. Las otras las suministrará el constructor de la obra civil como ya se ha explicado al inicio de este estudio.

Tendrán una altura de 90 cm. Con una barra intermedia de rodapiés. Estarán ancladas y dimensionadas de forma que garanticen la retención de las personas, sin deformación permanente ni fractura.

- Redes perimétricas de forjado y verticales de escalera

Se entiende que proveerá el Contratista de la obra civil en las condiciones señaladas al principio de este estudio.

- Plataformas de trabajo

- Variedades: Andamios de capitel, castillos de hormigón, plataformas móviles voladas, plataformas móviles (con ruedas), etc.

- Materiales: plataforma generalmente de madera (excepto en casos especiales de ambientes donde hay peligro de combustión).

- Los castillos pueden ser indistintamente de madera o metálicos. Los segundos son más manejables que los primeros. Las plataformas voladas pueden ser de madera o metálicas, pero los sistemas de fijación serán metálicos.

- Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

Condiciones constructivas; están definidas en el artículo 20 del O.G.S.H.T.

- Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

- “Las plataformas de trabajo fijas o móviles, estarán hechas de materiales sólidos, su estructura y resistencia serán proporcionadas a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar”.

- “Los pisos y pasillos de las plataformas de trabajo serán antideslizantes, manteniéndolos libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos”.

- Las plataformas que ofrezcan peligro de caídas desde más de 2 metros de altura estarán protegidas en todo su alrededor con barandillas y zócalos, atendiendo a las condiciones que se señalan en el artículo 23”.

- “Cuando se trabaje sobre plataformas móviles se utilizarán dispositivos de seguridad que eviten el desplazamiento o caídas.

- Estas condiciones se complementan con el artículo incluido en la subsección 2a.

“Andamios” de la Ordenanza Laboral de la Construcción.

Art. 206

“Los tablonos que formen la plataforma de los andamios se dispondrán de tal forma que no se pueda mover ni tampoco bascular, deslizarse o hacer cualquier movimiento peligroso”.

Art. 212

“Hasta 3 m. de altura se pueden utilizar andamios de caballetes metálicos fijos, sin trabas. Entre 3 y 6 metros de altura máxima permitida para este tipo de andamios se harán servir caballetes metálicos armados de bastidores metálicos trabados”.

Tendrán un mínimo de 60 cm. de ancho y estarán sujetos sólidamente a los puntos de anclaje, de tal manera que no puedan resbalarse ni volcarse.

Las plataformas que estén situadas a dos o más metros de altura, tendrán barandillas perimétricas completas de 90 cm. De altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés.

Solo podrán estar sin barandilla los lados de la plataforma o andamios situados de manera permanente a 30 cm. o menos de un parámetro vertical sólido.

- Cables de fijación de los cinturones de seguridad y puntos fuertes de anclaje

Tendrán una resistencia suficiente para poder resistir los esfuerzos que puedan recibir como consecuencia de su función de protección.

- Escaleras de mano

Tipos:

- Sencilla: Para superar alturas que no sobrepasen los 5 metros.
- Reforzada: Para superar alturas que no sobrepasen los 7 metros.
- Extensible: No se utilizan en el ramo de la construcción.
- De tijera: Para trabajos puntuales.

- Materiales:

De hierro: No se hacen servir para trabajar en presencia de corriente eléctrica, solo se utilizan para la función principal (desplazamientos).

De aluminio: Son ligeras y manejables.

De madera: Son las más recomendables para la industria de la construcción, tanto por su función principal como por la secundaria.

- Uso:

Durante toda la obra y especialmente en las fases de estructura y acabado.

- **Condiciones constructivas:** Definidas en el artículo 19 de la O.G.S.H.T.

- “La escalera de mano tendrá siempre las garantías que hagan falta por lo que hace asolidez, estabilidad y seguridad, y si es el caso, de aislamiento e incombustión”.

- “Cuando los montantes son de madera serán de una sola pieza y sus escalones estarán bien encajados y no solamente enclavados”.

- “Las escaleras de mano solamente se podrán pintar con barniz y no con pintura, debido a que con ésta pueden quedar escondidos posibles defectos”.

- “Se prohíbe empalmar escaleras” (exceptuando las extensibles que están garantizadas por los respectivos fabricantes).

- “Han de estar provistas de tacones, puntas de hierro grapas y otros mecanismos antideslizantes en los pies, o de ganchos de sujeción en la parte superior”. Los diferentes elementos de fijación serán en función del terreno donde se aguanten.

Ejemplos: superficies pintadas con tendencia a deslizamiento (talones de goma, arena o tierra, puntas metálicas), tierra irregular: grapas con soporte de goma articuladas.

- **Herramientas portátiles**

- Herramientas portátiles eléctricas.
- Herramientas portátiles neumáticas.
- Herramientas portátiles de combustión.
- Herramientas manuales propiamente llamadas.

- **Herramientas portátiles eléctricas:**

De corte: Trepadoras.

De abrasión: De abrasión.

Por calentamiento: Soldaduras.

Solo comentaremos los peligros que tienen las herramientas en sí mismas, y no tendremos en cuenta los que se derivan de las superficies de trabajo, los andamios, etc., que se usan para trabajar con estas herramientas portátiles.

Análisis de los riesgos:

- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.
- Cortes y erosiones.
- Enganches.

Proyección de partículas (incandescentes o no).

- Golpes o cortes por rebotes violentos de las herramientas.
- Quemaduras.
- Ambiente con polvo.

Medidas preventivas:

- Los cables eléctricos de alimentación tendrán aislamientos en un estado de conservación correcto. Si se hacen servir prolongaciones serán con conectores adecuados y nunca se empalmarán provisionalmente aunque se haga servir cinta aislante como protector.

- Las herramientas portátiles tendrán los siguientes sistemas de seguridad: doble aislamiento, toma de tierra de las masas (PTM) o utilización con transformador de seguridad o separación de circuitos.

- Se llevará ropa ajustada, no se llevará anillos o cadenas ni nada que conlleve la posibilidad de engancharse o pillarse.

- Se utilizarán estas herramientas con cuidado, especialmente las de abrasión, que tienen una velocidad de rotación muy alta. Un contacto accidental de la carcasa o del mango mientras se trabaja, un enganche ligero o una parada pueden hacer que la herramienta rebote de repente y con violencia, llegando a cortar o a erosionar la parte del cuerpo que encuentre en su trayectoria.

- No se tocarán las brocas, discos, etc. Inmediatamente después de que hayan trabajado, porque están muy calientes. El caso de los soldadores es especial, ya que se pondrán en un soporte especial una vez desconectados, para evitar quemaduras.

- Teniendo en cuenta que la emisión de polvo es puntual, cuando se trabaje se llevarán caretas.

- Al trabajar se utilizará herramientas con mucho cuidado, con las brocas y los discos bien apretados, manteniendo las trayectorias de corte bien perpendiculares a la superficie de trabajo y con un centrado correcto del punto de trabajo, etc.

- Herramientas portátiles neumáticas:

- Que actúan por percusión: Martillo picador.

- Que actúan por impacto: Pistola clavadora, grapadora, etc.

Análisis de los riesgos:

- Golpes por rotura de la manguera.

- Golpes, cortes y perforación en general.

- Estrés sonoro.

- Vibraciones.

- Proyecciones de partículas.

Medidas preventivas:

- Revisar las mangueras de alimentación de aire, cambiar inmediatamente las que estén resquebrajadas o con fisuras, y en general todas las que hayan perdido elasticidad al doblarlas.

- Colocar válvulas de seguridad (por desahogo de presión) con la finalidad de evitar latigazos cuando se rompan las mangueras.

- No se pondrá ninguna parte del cuerpo en el mismo lado del punto de operación en general ni en la trayectoria de las pistolas clavadoras en particular.

- Se utilizarán protectores de las orejas cuando el nivel de ruido supere los 80 dB (A) tanto si es seguido como si es intermitente (por impacto).
- Se utilizarán antivibratorios cuando se trabaje con martillos picadores.
- Se utilizará calzado de seguridad con puntas metálicas para evitar golpes en los pies.
- También y como norma los trabajadores llevará gafas de seguridad y cuando haya emanaciones de polvo caretas.
- Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.

Herramientas portátiles de combustión

Básicamente son los sopletes

Análisis de riesgos:

- Quemaduras
- Incendios.

Medidas preventivas:

- Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.
- Controlar que el soplete esté en buen estado y correctamente fijado al depósito decombustible, ya que actualmente lo más frecuente es que sean bombonas de butano.
- Controlar que la manguera de conexión esté en buen estado.
- Regular adecuadamente la presión el quemador para que la llama no sea demasiado larga.
- No trabajar cerca de materias combustibles.
- Tener una buena ventilación en locales cerrados.
- Hacer servir gafas o pantallas de protección o guantes.

Herramientas manuales:

Son muy variadas, tanto por su función como por su utilización.

Tipos más comunes:

- Punzantes: Escarpa.
- De percusión: Martillos
- De cortes: Sierras y cizallas
- Otras: Destornilladores, pata de cabra, etc.

Análisis de riesgos:

- Golpes, cortes, pinchazos.
- Proyección de partículas

Medidas preventivas:

- Correcto estado de conservación de las herramientas, mangueras, etc.
- Conocimiento y uso adecuado por parte de los familiares de los que las usen.
- Limpieza y conservación, tanto en el almacén como en el trabajo, manteniéndolas limpias y en buen estado de uso.
- Control periódico de su estado (comprobación y mantenimiento).
- Uso de la indumentaria para la protección personal con referencia al riesgo: gafas de seguridad, botas, protectores de las manos, etc.

Pistola clavadora

En realidad es una herramienta portátil, pero por sus características puede ser considerada un arma de fuego, por este motivo hay que extremar las precauciones cuando se use.

Análisis de riesgos:

- Heridas punzantes por: rebotes, proyecciones o perforaciones.

Medidas preventivas:

- Hacer servir la carga adecuada según las instrucciones que el fabricante. Solo con esto quedan eliminados un importante número de perforaciones y rebotes.
- Hacer servir una campana protectora incluso con los martillos clavadores, en los que la velocidad de salida es menor que en las pistolas.
- Nunca se ha de clavar en: esquinas (habrá una distancia mínima de 10 cm.) en superficies curvadas, materiales fácilmente perforables, materiales elásticos o muy duros o muy frágiles.

Su uso comporta:

- No apuntar a nadie.
- No tenerla cargada en la mano.
- Transportarla boca abajo y descargada.
- Efectuar el disparo desde detrás de la herramienta y nunca de lado.
- Mantener la herramienta en un estado de conservación adecuado.
- Hacer servir siempre casco y gafas de seguridad.

Extintores

Será de polvo seco polivalente, de 5 Kg. Y 10 Kg.

2.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

Servicio técnico de seguridad y salud.

El instalador tendrá un servicio de asesoramiento para los temas de seguridad y salud.

Servicio médico

El instalador tendrá un Servicio Médico de Empresa propio o compartido.

2.4. INSTALACIONES MÉDICAS

Se revisará el botiquín mensualmente, reponiendo el material gastado.

3. PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL

- El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra tendrá que llevara cabo la puesta en práctica, el seguimiento y del control de manera integrada con la dirección facultativa y siguiendo las pautas del coordinador durante el proyecto de los elementos de seguridad y salud.

- De todas las tareas asignadas será necesario describir un manual estandarizado de las normas de seguridad a seguir para cada tarea en concreto, y habrá que hacer un seguimiento para verificar su cumplimiento.

- Se redactarán unos panfletos a completar por el encargado o responsable de cada trabajo donde se escriba el seguimiento de cada una de las pautas de seguridad seguidas, y que tendrá que firmar el mismo responsable.

- También se prevé la creación de unos cursos para concienciar y educar a los trabajadores en materia tanto de seguridad como de salud. Aquí se expondrán los métodos de trabajo y los riesgos que estos pueden ocasionar, juntamente con las medidas de seguridad que habrá que usar para evitarlos. A estos cursos o charlas tendrán que asistir todos los trabajadores de forma periódica.

- También se impartirá un curso de socorrismo y primeros auxilios. Se prevé la promoción de iniciativas y actuaciones de cualquier persona de la obra para que pueda plantear los posibles problemas o impedimentos a la aplicación de las medidas

desequidad, así como la existencia de riesgos innecesarios, circunstancias especiales y su resolución.

- Es necesario remarcar por último que para llevar a cabo todas estas normas hace falta una buena organización, un control exhaustivo de todas las actividades y una descripción clara de los deberes y de cada nivel del personal, fomentando la cooperación y la instrucción de todos los agentes incluidos en la construcción, explotación y mantenimiento de las instalaciones descritas en el proyecto.