



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CENTRAL DE TURBINAS DE GAS

Autor: M^a Cristina Martínez Grau
Director: Julio de San Sebastián Soria

Madrid
Junio 2015

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN ACCESO ABIERTO (RESTRINGIDO) DE DOCUMENTACIÓN

1ª. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. M^a CRISTINA MARTÍNEZ GRAU, como ALUNNA de la UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS (COMILLAS), **DECLARA**

que es el titular de los derechos de propiedad intelectual, objeto de la presente cesión, en relación con la obra PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CENTRAL DE TURBINAS DE GAS¹, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual como titular único o cotitular de la obra.

En caso de ser cotitular, el autor (firmante) declara asimismo que cuenta con el consentimiento de los restantes titulares para hacer la presente cesión. En caso de previa cesión a terceros de derechos de explotación de la obra, el autor declara que tiene la oportuna autorización de dichos titulares de derechos a los fines de esta cesión o bien que retiene la facultad de ceder estos derechos en la forma prevista en la presente cesión y así lo acredita.

2ª. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad y hacer posible su utilización de *forma libre y gratuita* (*con las limitaciones que más adelante se detallan*) por todos los usuarios del repositorio y del portal e-ciencia, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución, de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra (a) del apartado siguiente.

3ª. Condiciones de la cesión.

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia, el repositorio institucional podrá:

¹ Especificar si es una tesis doctoral, proyecto fin de carrera, proyecto fin de Máster o cualquier otro trabajo que deba ser objeto de evaluación académica

- (a) Transformarla para adaptarla a cualquier tecnología susceptible de incorporarla a internet; realizar adaptaciones para hacer posible la utilización de la obra en formatos electrónicos, así como incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- (b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato. .
- (c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo abierto institucional, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.²
- (d) Distribuir copias electrónicas de la obra a los usuarios en un soporte digital.³

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra que cede con carácter no exclusivo a la Universidad por medio de su registro en el Repositorio Institucional tiene derecho a:

- a) A que la Universidad identifique claramente su nombre como el autor o propietario de los derechos del documento.
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada. A tal fin deberá ponerse en contacto con el vicerrector/a de investigación (curiarte@rec.upcomillas.es).
- d) Autorizar expresamente a COMILLAS para, en su caso, realizar los trámites necesarios para la obtención del ISBN.

² En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría redactado en los siguientes términos:

(c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo institucional, accesible de modo restringido, en los términos previstos en el Reglamento del Repositorio Institucional

³ En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría eliminado.

d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.

b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.

c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

a) Deberes del repositorio Institucional:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.

- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.

- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.

b) Derechos que se reserva el Repositorio institucional respecto de las obras en él registradas:

- retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a1..... deJulio..... de2015.....

ACEPTA

Fdo.....
.....

Proyecto realizado por el alumno/a:

M^a Cristina Martínez Grau

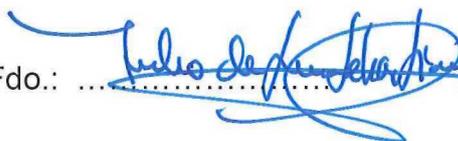
Fdo.:


Fecha: 01/06/2015

Autorizada la entrega del proyecto cuya información no es de carácter
confidencial

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Julio de San Sebastián Soria

Fdo.:


Fecha: 01/06/2015

V^o B^o del Coordinador de Proyectos

José Ignacio Linares Hurtado

Fdo.:

Fecha:/...../.....



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CENTRAL DE TURBINAS DE GAS

Autor: M^a Cristina Martínez Grau
Director: Julio de San Sebastián Soria

Madrid
Junio 2015

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA UNA CENTRAL DE TURBINAS DE GAS

Autor: M^a Cristina Martínez Grau

Director: Julio de San Sebastián Soria

Entidad Colaboradora: Gas Natural

RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto consiste en la realización de una planta de tratamiento de aguas, para satisfacer la demanda de agua desmineralizada de una central de turbinas de gas y el sistema de neutralización de efluentes generados en la operación de la planta.

El agua a tratar procede directamente de la red pública de abastecimiento, es almacenada en un depósito de agua bruta y posteriormente, se somete a un pretratamiento basado en un sistema de tres líneas de filtración, por medio de filtros multimedia de arena y antracita. La misión de estos filtros, consiste en eliminar los sólidos en suspensión, arenilla, turbiedad...procedentes del agua de entrada. Para la limpieza de los filtros, dispone de un sistema de lavado, formado por una bomba y un soplante que inyectan agua y aire a contracorriente.

El agua filtrada es almacenada en un depósito para abastecer al sistema de lavado de filtros, desde este depósito se bombea el agua al sistema de ósmosis inversa. Como medida de seguridad se ha instalado, previo a la entrada de la ósmosis, un filtro de seguridad de 5 µm para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, y evitar un ensuciamiento prematuro de las membranas.

El proceso de desmineralización comienza en un sistema de ósmosis inversa de doble paso y dos etapas, el primer paso consta de bastidores con 14 y 7 tubos trabajando con una tasa de conversión del 75% y el segundo paso, con 10 y 5 tubos trabajando con una tasa de conversión del 85%, todos los tubos constan de 6 membranas de poliamida de arrollamiento en espiral.

Entre los dos pasos de ósmosis inversa se dispone de un desgasificador para eliminar el CO₂ no retenido en las membranas de ósmosis. El agua es pulverizada en la parte superior del desgasificador e inyectando una corriente de aire en sentido contrario

mediante un soplante, se consigue desplazar el CO₂. Como medida de seguridad se ha previsto la dosificación de sosa a la salida del desgasificador por si la eliminación de CO₂ no ha sido efectiva, al reaccionar con la sosa se forman bicarbonatos, los cuales son eliminados en las membranas del segundo paso de ósmosis. En la base del desgasificador existe un depósito en el que el agua se almacena para ser bombeada al segundo paso de ósmosis inversa.

Para realizar la regeneración de las membranas de ósmosis inversa se cuenta con un sistema de limpieza química, necesario por la acumulación progresiva de sólidos en suspensión, colonias bacterianas y precipitados sobre la superficie de las mismas. También se dispone de un sistema flushing previsto ante paradas prolongadas de la planta, para desplazar el agua contenida en los tubos a presión del sistema de ósmosis inversa.

A la salida del sistema de ósmosis el agua se deposita en un tanque del que aspiran las bombas de alimentación a los lechos mixtos, formados por resinas catiónica y aniónica fuertes, donde se termina de desmineralizar el agua, alcanzándose la pureza requerida.

Para la regeneración de las resinas se inyecta ácido sulfúrico por la parte inferior, a contracorriente, para la regeneración de la resina aniónica y por la parte superior sosa para la resina catiónica.

Por otro lado, se dispone de un sistema de neutralización de efluentes, en el que se mezclan y homogenizan todos ellos en una balsa mediante un sistema de agitación por burbujas y otro de dosificación de reactivos.

Durante las distintas etapas es necesario controlar la dosificación de reactivos.

Los reactivos que se dosifican son los siguientes;

- Hipoclorito sódico como oxidante y desinfectante.
- Cloruro férrico como coagulante en el pretratamiento.
- Dispersante y bisulfito sódico como antincrustante para el proceso de ósmosis inversa.
- Productos ácidos y alcalinos para las limpiezas químicas y ajustes de pH.

Todos los equipos están trabajando al 100% de su capacidad y a su vez cuentan con otro de reserva, de esta forma se asegura la producción continua, sin necesidad de realizar: paradas por limpieza o por labores de mantenimiento.

A su vez se han estudiado dos alternativas en función del tipo de agua de entrada. Se ha determinado qué sistemas se deberían instalar en el supuesto de: no disponer de agua de red o si el origen del agua bruta fuese: agua de mar o aguas negras.

También se proyecta el sistema eléctrico para abastecer las necesidades de la planta: red de tierras y sistema de protección contra rayos. Y también, la estructura metálica que se apoya sobre la cimentación formada por zapatas de hormigón armado y unidas entre sí mediante vigas de atado.

Por último, se ha realizado el presupuesto de las instalaciones resultando un total de 3.475.680 €

WATER TREATMENT PLANT FOR A GAS TURBINE POWER PLANT

Author: M^a Cristina Martínez Grau

Director: Julio de San Sebastián Soria

Collaborating institution: Gas Natural

ABSTRACT

The aim of the present project is the construction of a water treatment plant to supply the demand of demineralized water of a gas turbine plant. And for the treatment of the effluents generated in the operation of the previous plant.

The water comes directly from the public supply network, it is stored in a tank of raw water and subsequently, it is pretreated on a three lines filtration system through multimedia sand and anthracite filters. The function of these filters is to remove solids in suspension, sand, turbidity... from the incoming water. To clean the filters a cleaning system is developed. This system is formed by a pump and several blowers that inject water and reversed-flow air.

The filtered water is stored in a tank to supply the needs of the filter washing system, from this tank the water is pumped to the reverse osmosis system. As a security measure, a 5 µm filter has been installed. This filter is located before the osmosis entrance. And its installation assures the good operation of the system to disable an early contamination of the membranes.

The demineralization process starts in a two lines system of reverse double-step osmosis with two stages, the first one consists of frames of 14 and 7 tubes working with a conversion rate of 75%, and the second step with 10 and 5 tubes working with a conversion rate of 85%, all the tubes consist of 6 spiral wound polyamide membranes.

Between the two steps of reverse osmosis a degasser is available to remove the CO₂ which has not been retained through the osmosis membranes. The water is sprayed on top of the degasser and an air flow in the opposite direction is injected by a blower. As a result, the CO₂ is displaced. . As a security measure, it has been developed a system to dosage the soda at the exit of the degasser. There for if the elimination of CO₂ has not been effective, the soda will react forming sodium bicarbonates, which are eliminated in the membranes of the second step of osmosis. Located at the base of the degasser, there is a tank in which water is stored to be pumped to the second step of the reverse osmosis.

For the regeneration of the reverse osmosis membranes, a chemical cleaning system has been designed. This system is required because of the progressive accumulation of suspension solids, bacterial colonies and precipitates on the surface of the membranes. It is also required a flushing system planned for the long shutdowns of the plant, in order to displace the water inside the pressure pipes of the reverse osmosis system.

At the exit of the osmosis system the water is deposited in a tank, from which it is pumped to the mixed beds, formed by strong anionic and cationic resins, where the demineralization process is finished. The process ends when the purity of the water is the expected by design.

For the regeneration of the resins anionic, sulfuric acid is injected in reversed flow in the lower part. In order to regenerate the cationic resins, soda is injected in the upper part.

On the other hand, there is a system of treatment of effluents in which the previous effluents are mixed and homogenized on a raft through a system of agitation by bubbles and another one of reactants doses.

During the different stages, it is necessary to control the reactants dose. The dosed reactants are the following:

- Sodium hypochlorite as oxidant and disinfectant.
- Ferric chloride as a coagulant in the pretreatment.
- Dispersant and sodium bisulfite as antincrustante for the reverse osmosis process.
- Acid and alkaline products for chemical cleaning and adjustment of pH.

All the systems are working at 100% load. At the same time each system has spares to assure the continuous operation without requiring: cleaning shutdowns or maintenance shutdowns.

At the same time, two alternatives have been studied depending on the incoming water. It has been studied which type of systems should be installed in the event of absence of water and also, in the case in which the origin of the raw water was: sea water or sewage.

It has also been designed:

- The metal structure and the foundations formed from armed concrete and united by attached beams.
- The electric system which includes: the earthing network and the protection against radiation system. And whose main objective is to supply the needs of the plant.

Finally, taking into consideration the whole construction, design and including all the facilities the total budget results in 3.475.680 €



Índice del proyecto

- I. Memoria
- II. Planos
- III. Pliego de condiciones
- IV. Presupuesto



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Parte I MEMORIA



Índice de la memoria

Capítulo 1	Introducción	7
Capítulo 2	Memoria descriptiva	8
2.1	Objeto del sistema	8
2.2	Datos de partida	8
2.2.1	Calidad de agua a tratar	8
2.2.2	Calidad y capacidad requeridas	9
2.2.3	Caudales de diseño	10
2.2.4	Balance de masas	10
2.3	Criterios básicos de diseño	10
2.4	Descripción de la instalación y sus componentes	12
2.5	Descripción de la línea de tratamiento	13
2.5.1	Sistema de pretratamiento	13
2.5.1.1	Filtración multimedia	15
2.5.1.2	Almacenamiento de agua filtrada	16
2.5.1.3	Sistema de lavado de filtros	16
2.5.1.4	Descripción de los componentes principales del sistema de pretratamiento	17
2.5.2	Sistema de ósmosis inversa (Primer paso)	18
2.5.2.1	Sistemas de acondicionamiento químico para ósmosis inversa	21
2.5.2.2	Filtración de seguridad	24
2.5.2.3	Equipo de ósmosis inversa (Primer paso)	24
2.5.2.4	Descripción de los componentes principales del sistema de ósmosis inversa (Primer paso)	25
2.5.3	Desgasificador, almacenamiento de agua desgasificada y bombeo a segundo paso de ósmosis inversa	27
2.5.3.1	Descripción de los componentes principales del desgasificador	27
2.5.4	Equipo de ósmosis inversa (Segundo paso)	28
2.5.4.1	Descripción de los componentes principales del sistema de ósmosis inversa (Segundo paso)	28
2.5.5	Equipo de limpieza química y flushing	29
2.5.5.1	Descripción de los componentes principales del equipo de limpieza y flushing	31
2.5.6	Sistema de desmineralización	32



2.5.6.1 Sistema de intercambio iónico por medio de lechos mixtos	32
2.5.6.2 Descripción de los componentes principales del sistema de intercambio iónico..	33
2.5.6.3 Sistema de regeneración	34
2.5.7 Sistema de neutralización.....	36
2.5.7.1 Descripción de los componentes principales.....	37
2.5.8 Sistema potabilización	37
2.5.8.1 Descripción de los componentes principales.....	38
2.5.9 Sistema de dosificación de cloro (Agua de mantenimiento).....	38
2.6 Sistema de control	38
2.7 Sistema eléctrico	40
2.7.1 Normativa	40
2.7.2 Descripción de la instalación.....	41
2.7.3 Potencia total prevista para la instalación	41
2.7.4 Características de la instalación.....	43
2.7.4.1 Origen de la instalación	43
2.7.4.2 Caja general de protección.....	43
2.7.4.3 Línea general de alimentación	44
2.7.4.4 Centralización de líneas.....	46
2.7.4.5 Derivaciones individuales.....	47
2.7.4.6 Instalación de planta.....	50
2.7.4.7 Instalación de puesta a tierra.....	62
2.8 Edificio.....	63
2.8.1 Normativa	63
2.8.2 Acciones consideradas	64
2.8.3 Materiales empleados	64
2.8.4 Resistencia contra incendios	65
2.8.5 Descripción de la estructura	65
2.8.5.1 Cimentación.....	65
2.8.5.2 Estructura metálica.....	65
2.8.5.3 Uniones soldadas.....	66
2.8.6 Elementos auxiliares	67
2.9 Análisis de alternativas.....	68
2.9.1 EDI en lugar de lechos mixtos.....	68
2.9.2 Agua de mar como agua bruta.....	71
2.9.2.1 Sistema de filtración.....	71



2.9.2.2 Ósmosis inversa de alta presión	71
2.9.2.4 Materiales empleados	72
2.9.3 Aguas negras como agua bruta.....	73
2.9.3.1 Tratamiento biológico aeróbico	73
2.9.3.2 Clarificación primaria.....	75
2.9.3.3 Desinfección	75
2.9.3.4 Espesamiento y secado de lodos	75
2.9.4 Análisis de la variante: Agua desmineralizada con conductividad 10 μ S/cm.....	76
Capítulo 3 Cálculos.....	77
3.1 Balance de masas	77
3.1.1 Datos de partida.....	77
3.1.1.1 Cálculos.....	77
3.2 Equipos	82
3.2.1 Filtros multimedia	82
3.2.2 Ósmosis inversa.....	84
3.2.3 Bombas	91
3.2.4 Lechos mixtos	91
3.2.5 Tanques de almacenamiento	94
3.3 Sistema eléctrico	95
3.3.1 Fórmulas utilizadas.....	95
3.3.1.1 Intensidad máxima admisible.....	95
3.3.1.2 Caída de tensión.....	96
3.3.1.3 Intensidad de cortocircuito.....	97
3.3.2 Cálculos	99
3.3.2.1 Sección de las líneas.....	99
3.3.2.2 Cálculo de las protecciones.....	100
3.3.2.3 Cálculos de puesta a tierra	102
3.4 Edificio.....	104
3.4.1 Pilar	104
3.4.1.1 Materiales utilizados.....	104
3.4.1.2 Descripción.....	104
3.4.1.3 Características mecánicas	104
3.4.1.4 Tabla de medición	105
3.4.1.5 Cargas.....	105
3.4.1.6 Resultados.....	106



3.4.1.6.1 Esfuerzos.....	106
3.4.1.6.2 Resistencia.....	106
3.4.1.6.3 Flechas	107
3.4.1.7 Comprobaciones E.L.U. (Completo).....	107
3.4.2 Viga	110
3.4.2.1 Descripción.....	110
3.4.2.2 Características mecánicas	110
3.4.2.3 Cargas.....	110
3.4.2.4 Resultados.....	111
3.4.2.5 Comprobaciones E.L.U. (Completo).....	111
3.4.3 Placas de anclaje.....	113
3.4.3.1 Descripción.....	113
3.4.3.2 Comprobación de las placas de anclaje	113
3.4.4 Zapata	114
3.4.5 Viga de atado.....	117

Bibliografía 118



Índice de figuras

Figura 1 Filtros multimedia.....	16
Figura 2 Osmosis (a), Equilibrio (b) y Ósmosis inversa (c).....	19
Figura 3 Esquema simplificado de funcionamiento de una unidad de ósmosis inversa.	19
Figura 4 Construcción de la membrana en espiral.....	20
Figura 5 Comportamiento del pH	24
Figura 6 Esquema lechos mixtos.	33
Figura 7 Esquema Regeneración lechos mixtos.	34
Figura 8 Uniones soldadas.	67
Figura 9 Esquema celda EDI.....	68
Figura 10 Efecto de aumentar la presión al agua de entrada.....	76



Índice de tablas

Tabla 1 Parámetros del agua bruta.....	9
Tabla 2 Límites de componentes de agua a la entrada de la ósmosis inversa.	21
Tabla 3 Índice de Langelier.....	23
Tabla 4 Calidad agua desmineralizada.....	32
Tabla 5 Secuencia de regeneración.....	35
Tabla 6 Efluentes a tratar	36
Tabla 7 Análisis agua salida del segundo paso de ósmosis inversa	92
Tabla 8 Volumen de resinas aniónicas y catiónicas	92
Tabla 9 Demanda de químicos para regeneración.....	93
Tabla 10 Volumen de agua empleada durante regeneración.....	93



Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

En la industria, se requiere agua desmineralizada de distintas composiciones, dependiendo de las especificaciones técnicas que requieren los equipos de la instalación o del proceso en el que se vaya a emplear. La calidad del agua bruta y la calidad del agua requerida determinan los procesos a los que tiene que ser sometida.

El caso que nos ocupa es una central de turbinas de gas quemando fuel pesado. Durante la combustión se producen óxidos de nitrógeno (NOx) debido a la temperatura, concentración de oxígeno y duración de la misma. Las emisiones procedentes de este compuesto (NOx) son perjudiciales tanto para la salud como para el medio ambiente. Por consiguiente en muchos países el control de estas emisiones está regulado mediante normas medioambientales.

En la central a la que abastece la planta de tratamiento de agua diseñada en el presente proyecto, se emplea el agua para disminuir las emisiones de NOx. Lo cual se logra mediante la reducción de la temperatura de la combustión al inyectar el agua antes de la cámara de combustión.



Capítulo 2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 OBJETO DEL SISTEMA

El objetivo de este proyecto consiste en la realización de una planta de tratamiento de agua para satisfacer la demanda de agua desmineralizada de una central de turbinas de gas y realizar un sistema de tratamiento de los efluentes generados durante la operación de la planta.

El agua a tratar procede directamente de la red pública de abastecimiento, sin embargo se han analizado dos variantes de forma cualitativa, considerando el agua bruta como agua de mar y como aguas residuales.

Las necesidades de la central de turbinas de gas a la que abastece la planta de tratamiento de agua son:

- Caudal: 85 m³/h
- Calidad: Agua desmineralizada de las siguientes características:
 - Conductividad: <0.1 μS/cm
 - Sodio+ Potasio: <0.5mg/l
 - Sílice total: <0.5mg/l
 - Calcio: <0.5mg/l

2.2 DATOS DE PARTIDA

La planta de tratamiento se ha diseñado de acuerdo a los siguientes datos de partida que se muestran a continuación.

2.2.1 CALIDAD DE AGUA A TRATAR

El agua de alimentación a la línea de tratamiento de agua procede de la red pública de suministro, siendo sus características las siguientes:

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
pH	ud pH	7,0
Conductividad	μS/cm	1161,28
Temperatura	°C	10-30
Calcio	mg/l Ca ²⁺	125,1
Magnesio	mg/l Mg ²⁺	12,5



Sodio	mg/l Na ⁺	63,75
Potasio	mg/l K ⁺	1,87
Cloruros	mg/l Cl ⁻	93,75
Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁻	21,25
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	425
Sílice	mg/l SiO ₂	21,2
Sólidos en suspensión	mg/l	25

Tabla 1 Parámetros del agua bruta

Para el diseño del sistema se ha considerado un rango de temperaturas de 10 a 30°C, parámetro que afecta de forma significativa al sistema de ósmosis inversa.

En el diseño de la ósmosis inversa se contempla el dimensionamiento del sistema de bombeo de alta presión para el punto de máxima demanda en presión, es decir, para cuando la temperatura de alimentación es más baja, asegurando así la presión y el caudal requerido de trabajo.

A su vez contempla para el aseguramiento de la calidad del agua, la mayor superficie de membrana de ósmosis inversa instalada, es decir, mayor número de membranas para la mayor temperatura del agua de entrada.

2.2.2 CALIDAD Y CAPACIDAD REQUERIDAS

La planta de tratamiento producirá en condiciones nominales los siguientes caudales netos con la calidad que se indica:

- **Agua filtrada:**

- Caudal: 121m³/h.
- Calidad: Agua filtrada de las siguientes características:
SDI: <3 (*)

- **Agua desmineralizada:**

- Caudal: 85m³/h.
- Calidad: Agua desmineralizada de las siguientes características:
Conductividad: <0.1μS/cm
Sodio+ Potasio: <0.5mg/l
Sílice total: <0.5mg/l
Calcio: <0.5mg/l



(*) El SDI (del inglés Silt Density Index, algunas veces se denomina también Fouling Index - FI.) es el índice de atascamiento, es un valor a determinar in situ.

Si en algún momento la calidad del agua bruta supera los márgenes establecidos produciendo un SDI superior al esperado, traerá consigo:

- Disminución del caudal de producción, aumento de la presión de trabajo y variación general de los parámetros de funcionamiento del equipo. Sería necesario el estudio de un pretratamiento adecuado, el cual variará en función de la causa y naturaleza que provoque el exceso de SDI.
- Aumento en la frecuencia de realización de limpiezas químicas de las membranas.

2.2.3 CAUDALES DE DISEÑO

La planta de tratamiento de agua producirá los siguientes caudales de agua con las características descritas en el punto 2.2.2

- Agua filtrada: 121 m³/h
- Agua osmotizada: 85 m³/h
- Agua desmineralizada: 85 m³/h

2.2.4 BALANCE DE MASAS

Ver plano número 1 Balance de masas.

2.3 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño son definidos en el pliego de condiciones. A continuación se incluye un extracto de los puntos más relevantes:

- El sistema de filtración trabajará de forma continua. Cuando un filtro se esté lavando, los otros darán el 100% de las necesidades, trabajando a una velocidad máxima de 15 m/h.
- Flujo específico: primer paso de la osmosis: ≤ 25 l/h/m².
- Desgasificador atmosférico si fuera necesario por el contenido en CO₂ a la salida de los módulos de Osmosis Inversa. Velocidad máxima de



paso será de $60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. El caudal mínimo de aire será de $20 \text{ Nm}^3/\text{h}$ por cada m^3/h de caudal de diseño.

- Flujo específico; segundo paso de la osmosis: $\leq 30 \text{ l}/\text{h}/\text{m}^2$
- El ciclo mínimo de trabajo (tiempo entre regeneraciones) de los lechos de intercambio iónico ha de ser de cinco días.
- El sistema de calentamiento de limpieza química será capaz de calentar el agua en un máximo de 3 horas.
- El sistema de neutralización de efluentes será capaz de neutralizar los efluentes en un máximo de 2 horas.
- Se considerará asimismo las posibles paradas de la planta previendo los equipos necesarios para mantener las membranas de ósmosis sumergidas con agua osmotizada.
- Tanques de reactivos: todos los tanques de almacenamiento de reactivos están dimensionados para una autonomía de al menos 30 días al 100% del caudal normal de operación. Todos ellos deberán localizarse en cubetos de capacidad suficiente para contener el volumen del tanque.



2.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y SUS COMPONENTES

En el presente documento se realizará la descripción de todos los sistemas que forman parte de la planta de tratamiento de agua que prestará servicio a la central de turbinas de gas.

- Un sistema de pretratamiento del agua bruta, formado por filtros multimedia de arena y antracita (3x50%).
- Un sistema de tratamiento de agua mediante ósmosis inversa, formado por dos líneas idénticas de doble paso (2x100%).
- Un sistema de desmineralización mediante lechos de intercambio iónico formado por dos líneas idénticas (2x100%), con una capacidad neta unitaria de 85m³/h.
- Un sistema de tratamiento de efluentes. Formado por un sistema de homogeneización de vertidos y control de pH.

Los siguientes sistemas igualmente forman parte de la estación de producción de agua desmineralizada:

- Sistema de dosificación y control de cloro para agua destinada a uso potable.
- Sistema de dosificación de cloro para los depósitos de agua de mantenimiento.



2.5 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO

2.5.1 SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

Descripción del sistema

El agua bruta a tratar es agua de red (procedente de la red pública de abastecimiento), pudiéndose encontrar trazas de hierro presente en su forma oxidada (Fe^{3+}), siendo perfectamente eliminable por el sistema de filtración ayudado por la coagulación.

Para proporcionar las mejores condiciones del agua de entrada al sistema de ósmosis inversa, garantizando la correcta operación y aumentando la duración entre los ciclos de lavado, los sistemas principales incluidos en esta sección son los siguientes:

- Depósito de agua bruta
- Bombas de alimentación
- Dosificación de hipoclorito sódico
- Dosificación de coagulante (cloruro férrico)
- Filtros multimedia (arena/antracita)
- Sistema de contralavado de filtros
- Depósito de agua filtrada

Para cumplir con las necesidades de la central de turbinas de $85 \text{ m}^3/\text{h}$, el caudal de alimentación será de $121 \text{ m}^3/\text{h}$. Para ello el agua se bombea desde el depósito de agua bruta existente en la planta a los filtros multimedia mediante dos líneas idénticas de bombas centrífugas horizontales, una de ellas trabajando al 100% y la otra en reserva. Las bombas irán provistas con variador de velocidad.

La preoxidación es un proceso en el que se añade un agente químico oxidante al agua para que reaccione con la materia orgánica e inorgánica que sea susceptible de eliminación o modificación. Se realiza como pretratamiento para desinfectar y a su vez, para que los equipos y conducciones no se contaminen.

Los principales objetivos de la preoxidación consiste en:

- Disminuir el contenido de materia orgánica oxidable.
- Reducir los microorganismos (bacterias, algas y plancton).
- Oxidación de los iones ferrosos y manganosos.
- Oxidación del amoníaco, para dar cloraminas o destruirlas al break point (punto crítico).
- Oxidación de los nitritos, que se oxidan a nitratos.
- Eliminar la coloración del agua causada por las materias húmicas.

Como ejemplo en el caso de Fe, mediante la dosificación de hipoclorito sódico (NaClO), se pasa el hierro soluble que pueda encontrarse en forma reducida (Fe^{2+}) a hierro insoluble en forma oxidada (Fe^{3+}).



Asimismo, junto a la oxidación de los elementos anteriormente expuestos, la cloración, dado su gran poder bactericida permite, por un lado, impedir el crecimiento de algas y otros microorganismos que interfieren en el proceso de coagulación-floculación y filtración y, por otro, inhibir el crecimiento de bacterias anaerobias en los lechos filtrantes de los equipos de pretratamiento, lo que reduce el atascamiento de los mismos.

La cantidad de hipoclorito sódico dosificado en el agua será proporcional al caudal de aporte, se realiza en la tubería de entrada al depósito de manera que tiene suficiente tiempo de contacto para oxidar los elementos antes de llegar a los filtros multimedia.

Como medida de prevención, se eleva la conexión de aspiración de las bombas de alimentación a los filtros multimedia casi 1 metro sobre el nivel del fondo del depósito.

En los puntos 2.5.8 y 2.5.9 se detalla la dosificación de hipoclorito sódico al agua de mantenimiento y al agua potable.

Dosificación de coagulante.

Además de la dosificación de hipoclorito sódico, también se ha previsto la dosificación de cloruro férrico (FeCl_3) en la aspiración de las bombas centrifugas de alimentación al sistema de filtración para facilitar la agrupación de la materia coloidal y mejorar la eficacia del sistema.

Debido a la pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en el agua, así como la existencia de cargas negativas repartidas en su superficie, tiene lugar una gran estabilidad de las suspensiones coloidales.

La coagulación consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, se consigue por medio de la neutralización de las cargas eléctricas. Se emplea como coagulante el cloruro férrico.

La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a flóculos de mayor tamaño.

La dosificación del coagulante se realiza a la entrada del sistema de filtración, con el fin de retener los flóculos formados en los filtros multimedia y mejorar la eficacia del sistema.

La dosis de coagulante se determina en función del caudal, realizando ensayos con el agua a tratar, siempre teniendo en cuenta que no se debe producir la neutralización total de la carga electronegativa de las partículas del agua, ya que el volumen de fangos producido podría ser muy elevado y dar lugar a un atascamiento rápido de los filtros.



2.5.1.1 Filtración multimedia.

Como pretratamiento físico, previo a la ósmosis inversa, se empleará un sistema de filtración con coagulación sobre filtro, permitido por la buena calidad del agua, evitando un atascamiento prematuro del sistema y mejorando el índice de atascamiento del agua.

Como el contenido en materias en suspensión y en materias orgánicas es bajo, puede añadirse una dosis pequeña de coagulante, que variará en función de los análisis del agua realizados durante la operación.

El sistema está formado por tres unidades de filtración (3x50%) directa y rápida en medio granular de flujo descendente que reducen la concentración de sólidos en el agua.

Los filtros cuentan con dos medios filtrantes, una primera capa de antracita y una segunda capa de arena permitiendo la retención de las partículas contenidas en el agua cuya dimensión sea superior a 40µm. La granulometría de la antracita varía entre 0.8-2 y la de la arena 0.6-0.8, la diferencia de densidades proporciona una clara diferenciación de los dos medios evitando su mezcla durante la filtración y durante las etapas de lavado. En el interior se dispone de un conjunto de boquillas que uniformiza el flujo y aumenta la capacidad de filtración.

El caudal de agua filtrada demandada por la ósmosis es de 133.33 m³/h. Se trata de un valor neto, es decir, hay que incluir las necesidades de agua filtrada para el contralavado de los filtros multimedia (2% del agua filtrada) y el agua de rechazo del segundo paso de ósmosis, 15 m³/h. Ver plano 1. Balance de masas.

El sistema tiene que filtrar un caudal de 121 m³/h, el modo de funcionamiento consiste en dos unidades funcionando a la vez, y la unidad restante se encuentra en modo de espera o en lavado.

- Caudal normal a producir por cada filtro multimedia:

$$121 \text{ m}^3/\text{h} / 2 = 60.50 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cumpliendo con los criterios básicos de diseño del punto 2.3, cuando un filtro se encuentre en contralavado o realizando una limpieza química, los otros dos continuarán con la producción demandada.

El filtro estará construido con materiales inatacables (Acero al carbono, con interior epoxy) de funcionamiento automático, realizando sin ninguna intervención manual las operaciones de contralavado, aclarado y servicio normal. El lavado automático con agua filtrada y aire se realizará periódicamente de acuerdo con la programación efectuada en el automatismo de la planta.



Figura 1 Filtros multimedia

2.5.1.2 Almacenamiento de agua filtrada.

El agua procedente de los filtros multimedia es acumulada en un depósito que tiene una capacidad de almacenamiento para 30 días en condiciones normales de operación.

Desde este depósito se bombea el agua para alimentar a la siguiente etapa, el sistema de ósmosis inversa. De este depósito también aspiran las bombas para la limpieza por contralavado de los filtros multimedia.

2.5.1.3 Sistema de lavado de filtros.

Es importante un diseño adecuado del sistema de lavado de filtros ya que si no es suficiente se producirá un atascamiento permanente de ciertas zonas, dejando un paso reducido al agua; la pérdida de carga crece rápidamente y la filtración se efectúa localmente, con más rapidez y menos eficacia; en el lecho filtrante pueden desarrollarse entonces microorganismos perjudiciales para la calidad del agua.

Las fases de lavado a contracorriente, constan de los siguientes pasos, cada una de ellas con un tiempo asociado:

- Vaciado.
- Lavado con agua y aire.
- Lavado con agua.
- Aclarado.
- Llenado.

Cuando se alcanza el tiempo máximo de servicio de los filtros, comienza la secuencia de lavado de los filtros de manera secuencial y automática.

También puede comenzar la secuencia de lavado porque la pérdida de carga es mayor de la prescrita para la calidad deseada.



En caso de que uno de los filtros se encuentre en secuencia de lavado, y otro de los filtros haya agotado el tiempo máximo de servicio, no comenzará dicha fase hasta que el otro filtro haya terminado y se ponga en servicio.

Primero se vacía el filtro, el agua va de arriba hacia abajo a través del filtro por gravedad. Una vez vaciado, se arranca un soplante y la bomba de agua filtrada, se hace pasar la mezcla de agua y aire en sentido ascendente durante un tiempo determinado, alrededor de 8 min, provocando la expansión de la arena y la antracita, y haciendo posible la extracción del lecho y evacuación de las impurezas desprendidas. Posteriormente se cierra la entrada de aire, pasando a la fase de lavado con agua durante un tiempo de 2 min, también en sentido ascendente. Sigue durante 1,5 min la fase de aclarado, durante la cual el flujo va de arriba hacia abajo, como en la fase de filtrado. Finalmente la base de llenado en la que se detiene la bomba de agua filtrada y se llena el filtro para ponerlo en funcionamiento al alcanzarse el nivel de llenado.

El sistema está compuesto por dos bombas que toman el agua del depósito de agua filtrada y dos soplantes. Uno de cada, actuando como reserva.

2.5.1.4 Descripción de los componentes principales del sistema de pretratamiento

- Dos (2x100%) bombas centrífugas horizontales para alimentación de agua bruta al sistema de filtración ($Q = 121 \text{ m}^3/\text{h}$, $P = 2.5 \text{ bar}$) con variador de frecuencia.
- Sistema de dosificación de hipoclorito sódico, compuesto por un depósito de reactivo, con una capacidad de almacenamiento de al menos 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, resulta un volumen de 2.5 m^3 . Será de material plástico reforzado con fibra de vidrios, de ahora en adelante P.R.F.V. Desde este depósito aspiran las bombas dosificadoras para clorar el depósito de agua potable, el agua bruta y el depósito de agua de servicios. Se instalarán 6 unidades, tres parejas (2x100%), con válvulas antirretorno al tanque. Y una bomba de carga de reactivo, con capacidad $5 \text{ m}^3/\text{h}$ y 0.5 bar
- Dosificación de coagulante (cloruro férrico), compuesto por un depósito de reactivo, con una capacidad de almacenamiento de 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, una bomba de carga de reactivo y dos bombas dosificadoras (2x100%), una de ellas en reserva. SE adoptan 2 m^3 de capacidad y de P.R.F.V.
- Sistema de filtración por medio de filtros multimedia (3x100%) compuestos por arena y antracita con un diámetro de 3000mm.



-
- Sistema de contralavado de filtros, compuesto por dos (2x100%) bombas centrífugas horizontales con capacidad 177 m³/h y 2.5 bar y dos (2x100%) soplantes de aire de 350Nm³/h y 0.5 bar.
 - Depósito de agua filtrada de capacidad 100 m³ construido en P.R.F.V

Instrumentación de control asociada:

- Caudalímetro de agua de entrada a depósito de agua bruta
- Caudalímetro en línea de entrada a la filtración.
- Transmisor de nivel en tanque de agua bruta.
- Interruptor de nivel bajo en tanque de agua bruta.
- Transmisor de presión en entrada de filtros multimedia.
- Transmisor de presión en salida de filtros multimedia.
- Analizador de cloro en línea de entrada a la filtración.
- Analizador de turbidez en línea de entrada a la filtración.

2.5.2 SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA (PRIMER PASO)

Concepto básico

La ósmosis inversa tiene su origen en la comprobación de la reversibilidad del fenómeno de ósmosis directa o natural.

En la figura 1.a se representa una solución acuosa de sales minerales (compartimento A) y agua pura (compartimento B). La ósmosis natural o directa consiste en una transferencia del agua pura hacia la solución de sales minerales, por lo que se produce un aumento en el nivel del compartimento A hasta que la presión realizada por la columna de líquido frena el flujo de agua pura, entonces se alcanza el equilibrio osmótico (Fig.2.b), a esta presión hidrostática se le denomina presión osmótica.

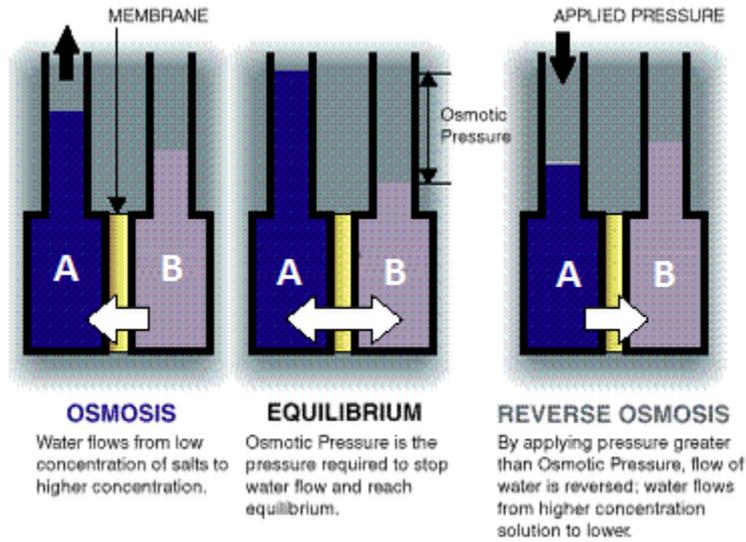


Figura 2 Osmosis (a), Equilibrio (b) y Ósmosis inversa (c).

El proceso de ósmosis inversa consiste en aplicar una presión mayor a la presión osmótica como se representa en la Fig.1.c, observándose un flujo de agua pura en sentido inverso al sentido natural, quedándose las sales retenidas en las membranas.

Forma de trabajo

En la práctica, las membranas se encuentran cada una en el interior de un recipiente de presión, denominado módulo, se utilizan entre seis y ocho módulos compartimentados por la presencia de éstas, ver Fig 3. El agua a tratar, la solución concentrada, se introduce a presión por medio de una bomba de alta presión, parte del caudal atraviesa la membrana, denominado permeado, y el efluente, denominado concentrado, es evacuado por medio de una válvula reguladora.

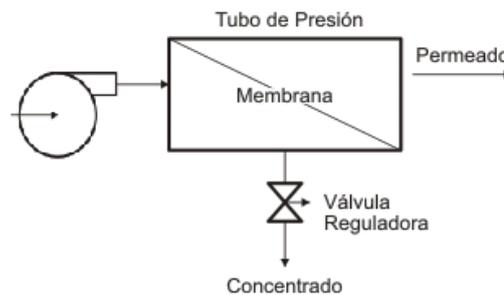


Figura 3 Esquema simplificado de funcionamiento de una unidad de ósmosis inversa.

La relación que existe entre el caudal de permeado y el caudal de agua a tratar se denomina factor de conversión y se expresa en tanto por ciento (%).

Membranas

Las membranas son semipermeables, dejan pasar el agua en tanto que retienen entre el 90 y el 99% de todos los elementos minerales disueltos, del 95 al 99 % de la mayoría de los elementos orgánicos y el 100% de los materiales coloidales más finas (bacterias, virus, sílice coloidal...).

Las seleccionadas son de configuración espiral. El agua de alimentación entra por uno de los extremos del recipiente de presión y se desplaza longitudinalmente, fluyendo a lo largo de la capa de transporte de alimentación.

Como el agua se desplaza en dirección longitudinal, parte de ella pasa en dirección radial, a través de la membrana, a la capa de transporte de producto, una vez en la capa de transporte el agua purificada fluye en espiral dentro del tubo de recogida central y sale del recipiente por cualquiera de los extremos. Ver Figura 4.

La solución concentrada continúa a lo largo de su línea de transporte y sale del recipiente por el extremo opuesto al de entrada.

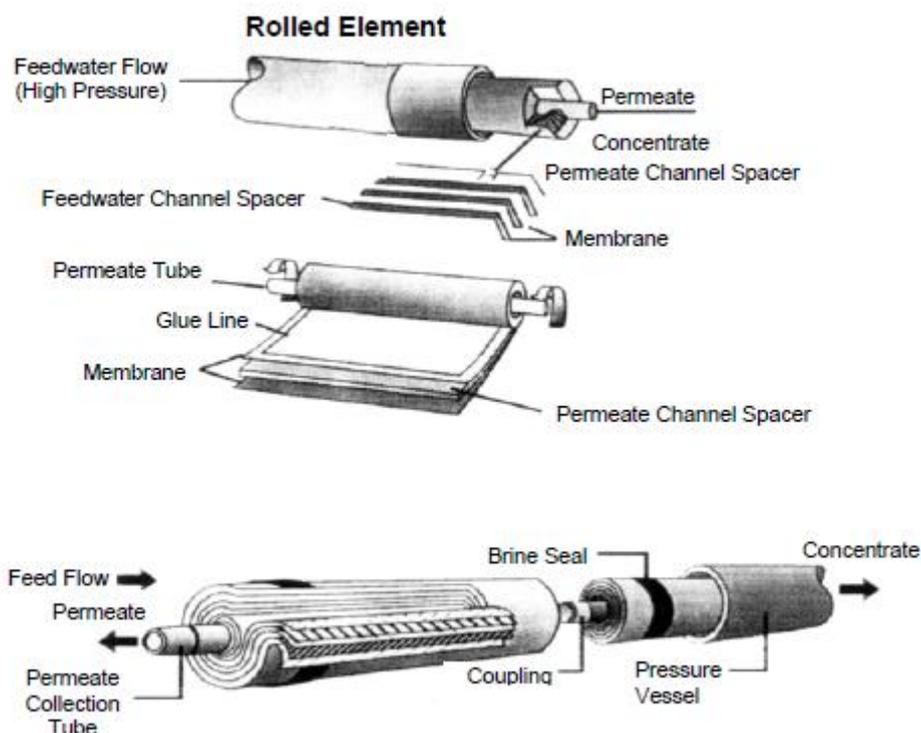


Figura 4 Construcción de la membrana en espiral

Descripción del sistema

El agua filtrada es bombeada desde los depósitos de agua filtrada mediante dos bombas centrífugas horizontales (2x100%) de baja presión hasta los filtros de seguridad, desde donde es impulsada por dos bombas centrífugas horizontales (2x100%) de alta presión, dotadas con variadores de frecuencia y controladas



mediante un lazo de control PID con el caudal de producción, proporcionando al fluido la presión necesaria para que se produzca el fenómeno de separación de sales en las membranas de ósmosis inversa. El agua permeada, de bajo contenido en sales, se almacenará en el depósito de agua osmotizada y el agua de rechazo, será enviada a la balsa de efluentes.

2.5.2.1 Sistemas de acondicionamiento químico para ósmosis inversa

Para un correcto funcionamiento del sistema de ósmosis, el fabricante de las membranas de ósmosis elegidas, recomienda respetar los límites de los parámetros del agua de alimentación que aparecen en la Tabla 2.

Component	Unit	Max. level	Comments & conditions
SDI	1	5	See Section 3 , System Design Guidelines
MFl _{0.45}	1	4	Target <1
Oil and grease	mg/L	0.1	See Section 2.7 , Prevention of Fouling by Organics
TOC	mg/L	3	Synthetic organic compounds (SOC) have generally more adverse effects on RO/NF membranes compared with natural organic matters (NOM). - See Section 2.7 , Prevention of Fouling by Organics
COD	mg/L	10	
AOC	µg/l Ac-C	10	Target <5
BFR	pg/cm ² ATP	5	Target <1
Free chlorine	mg/L	0.1	Under certain conditions, the presence of chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation is not covered under warranty, FilmTec recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. - See Section 2.6.3 , Chlorination / Dechlorination
Ferrous iron	mg/L	4	pH <6, oxygen <0.5 ppm
Ferric iron	mg/L	0.05	
Manganese	mg/L	0.05	
Aluminum	mg/L	0.05	

Tabla 2 Límites de componentes de agua a la entrada de la ósmosis inversa.

Por ello se realiza un pretratamiento previo a la ósmosis para acondicionar el agua de alimentación a los requerimientos de las membranas. Estos requisitos principalmente son:

- Ausencia de materia orgánica.
- Eliminación de turbidez, materia en suspensión y otros parámetros que aumenten el SDI.
- Ausencia de componentes oxidantes (cloro libre, oxígeno disuelto, etc.) que puedan dañar la estructura molecular del polímero que forma la membrana.
- Solubilización de sales con poder incrustante sobre la superficie de membranas (carbonatos y sulfatos).

El pretratamiento que se va a realizar previo a la ósmosis inversa consiste en la dosificación son los siguientes productos en este orden:



- Dosificación de dispersante; la adición de este producto permite trabajar con sales concentradas por encima de su producto de solubilidad en la corriente de rechazo de la ósmosis sin que precipiten sobre las membranas.
- Filtros de seguridad de 5µm, para prevenir que partículas mayores puedan introducirse en el sistema.
- Dosificación de reductor o bisulfito sódico; se dosifica con la función de proteger la integridad de las membranas frente al ataque de oxidantes fuertes, como puede ser el cloro.
- Producto corrector de pH, dosificación de H₂SO₄; se dosifica para reducir el riesgo de precipitación de las sales en la corriente de rechazo por medio de la disminución del pH, y de esta forma reducir la dosis de producto dispersante, de elevado coste.

Solubilización de las sales incrustantes

Como se ha explicado en el punto 2.5.2 el fenómeno de ósmosis inversa consiste en obtener de una solución salina de entrada, otra solución de menor concentración tras el paso por las membranas semipermeables provocado por la aplicación de una presión exterior superior a la presión osmótica. Como es natural según el balance de materia, la solución de partida se concentra a medida que aumenta la presión exterior, la concentración puede llegar a un punto en el que comience la precipitación de sales.

Los precipitados salinos se depositan sobre las superficie activas de las membranas, bloquean los intersticios de paso, y reducen la superficie efectiva lo que provoca una pérdida de producción de agua permeada.

Para evitar la posibilidad de precipitación de las sales se prevé la dosificación de un producto dispersante y de ácido sulfúrico.

La dosificación de los dos reactivos se realiza directamente en la tubería de salida de la bomba de agua de filtración, antes de los filtros de cartucho.

El ácido sulfúrico es añadido para que el pH del agua de alimentación alcance el equilibrio de HCO₃⁻(bicarbonato) y el CO₃²⁻ (carbonato) se desplace hacia la disolución de carbonatos (pH ligeramente ácido 6.5-6.7)

Hay que tener presente que los precipitados calcáreos sobre las membranas las hacen prácticamente irrecuperables. No solamente los precipitados de carbonatos alteran los procesos de ósmosis, sino que los de sulfatos también pueden crear obstrucciones.

Para mantener las sales en disolución se prevé la dosificación de reactivos sintéticos (productos dispersantes) que elevan los productos de solubilidad de las sales susceptibles de precipitar.



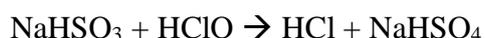
Reducción del hipoclorito de sodio

La dosificación del producto reductor, bisulfito sódico, tiene los siguientes objetivos:

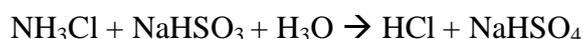
- Eliminar el cloro residual que el agua bruta pueda llevar.

Las reacciones básicas del componente principal del producto reductor con las sustancias cloradas son:

Reacción con el ácido hipocloroso:



Reacción con las cloraminas:



- Mantener un valor reductor del agua para una mejor protección y duración de las membranas.
- Tiene efecto bacteriostático por su poder reductor, ya que reduce el oxígeno preciso para la presencia de bacterias aerobias.
- Disminuir el pH, ajustando el índice de Langelier (LSI) hacia valores menos incrustantes.

El Índice de Langelier (LSI) es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua.

El Índice de Langelier se emplea para determinar el equilibrio del agua:

LSI	Indicación
LSI<0	Agua no saturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO ₃). El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de carbonato cálcico (CaCO ₃) presentes que protegen las tuberías y equipos.
LSI=0	Agua considerada neutral. No existe formación de incrustaciones ni eliminación de las mismas.
LSI>0	Agua supersaturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO ₃). Posible formación de incrustaciones.

Tabla 3 Índice de Langelier



Según los cálculos realizados el índice de Langelier del agua es de 0.68 por lo que es un agua supersaturada con tendencia a la formación de incrustaciones en las membranas de la ósmosis. Como se observa en la Figura 5 Comportamiento del pH hay que provocar que los valores de pH entre los que está el agua sean entre 6 y 8, de esta forma se evita la precipitación de las sales, por ello se adiciona ácido sulfúrico al agua antes de entrar en la ósmosis inversa.

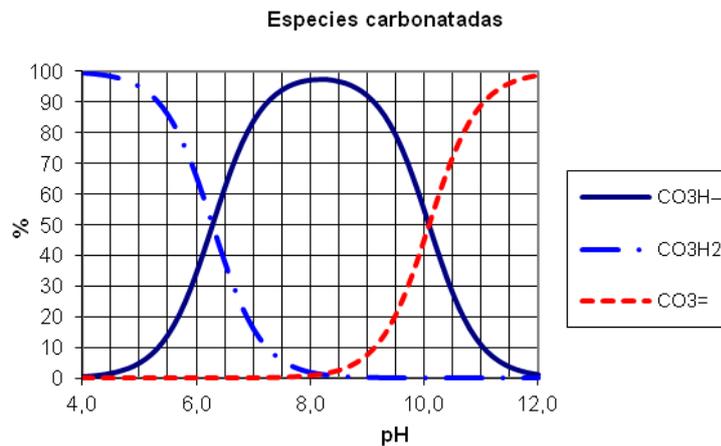


Figura 5 Comportamiento del pH

El bisulfito sódico es inyectado a la salida de los filtros de cartucho y antes de la aspiración de las bombas de alta presión del primer paso de ósmosis inversa.

2.5.2.2 Filtración de seguridad

Para proteger tanto a la bomba como a las membranas del equipo de ósmosis inversa se dispone de un sistema de filtración (2x100%) equipado con filtros de cartucho recambiables. Se emplea como filtro de seguridad para retener las partículas pequeñas en suspensión que hubiesen podido fugar del pretratamiento. El grado de filtración de los cartuchos es de 5 μm .

Los filtros de cartucho no admiten lavados por lo que su restitución y regeneración se realizan mediante el cambio del juego de cartuchos.

El grado de obstrucción, al igual que en los filtros multimedia, se detecta por la presión diferencial existente entre la entrada y la salida del aparato (de 1 a 1.5bar).

La frecuencia con la que hay que cambiar los filtros de cartuchos no se puede predecir, depende del contenido de coloides contenidos en el agua a tratar y el caudal.

2.5.2.3 Equipo de ósmosis inversa (Primer paso)

Después del acondicionamiento para la ósmosis inversa, el agua es impulsada hacia las membranas por un grupo de bombeo de alta presión provisto de un variador de velocidad.



Por exigencia en el pliego de condiciones el sistema de ósmosis inversa está formado por dos unidades, una de ellas redundante.

Para el diseño de las unidades se ha establecido un grado de conversión (cociente entre el caudal de agua producido y el caudal de alimentación) del 75%, los bastidores de ósmosis constan de 21 tubos de presión con 6 membranas por tubo, en total 126 membranas por bastidor. Basándose en la experiencia, los tubos se encargarán con 8 membranas por tubo.

El primer paso está compuesto por dos etapas, en la primera etapa consta de 14 tubos y en la segunda etapa de 7 tubos, a su vez todos ellos cuentan con 6 membranas por tubo.

Cada unidad consta de:

Membranas las elegidas son fabricadas por DOW CHEMICAL con las siguientes características:

- Tipo de membrana FILMTEC BW30-400
- Material de la membrana Poliamida aromática
- Configuración de la membrana Arrollamiento en espiral.
- Presión máxima de trabajo 42 kg/cm²
- Rango de pH 2-11
- Temperatura de operación 0-45 °C
- Tolerancia al cloro libre <0,1 ppm
- Turbiedad máxima 1 NTU

Cajas de presión para contener membranas, de las siguientes características:

- Material Poliéster reforzado con FV fibra de vidrio
- Código fabricación ASME Sección X

Tuberías, válvulas y accesorios de varios diámetros de las siguientes características;

- Material en baja presión PP
- Material en alta presión AISI-316 L

2.5.2.4 Descripción de los componentes principales del sistema de ósmosis inversa (Primer paso)

- Dos bombas centrífugas horizontales (2x100%) de baja presión para alimentación filtros de seguridad ($Q = 133.3 \text{ m}^3/\text{h}$, $P = 3.5 \text{ bar}$) con variador de frecuencia.
- Dos filtros de cartucho (2x100%) con grado de filtración de 5 μm .
- Sistema de dosificación de dispersante, compuesto por un depósito de reactivo de P.R.F.V. de 0.5 m³, con una capacidad de almacenamiento de 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, una bomba de



carga de reactivo ($Q=1\text{m}^3/\text{h}$, $P= 0.5 \text{ bar}$) y dos bombas dosificadoras (2x100%) de 0.08 l/h y 4 bar, una de ellas en reserva.

- Sistema de dosificación de reductor o bisulfito sódico, compuesto por un depósito de reactivo de P.R.F.V.de 2.5 m^3 , con una capacidad de almacenamiento de 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, una bomba de carga de reactivo ($Q=1\text{m}^3/\text{h}$, $P= 0.5 \text{ bar}$) y dos bombas dosificadoras (2x100%) de 0.43 l/h y 4 bar, una de ellas en reserva.
- Sistema de dosificación de H_2SO_4 , compuesto por un depósito de reactivo de P.R.F.V. de 5 m^3 , con una capacidad de almacenamiento de 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, una bomba de carga de reactivo ($Q=1\text{m}^3/\text{h}$, $P= 0.7 \text{ bar}$) y dos bombas dosificadoras (2x100%) de 0.76 l/h y 4 bar, una de ellas en reserva. Desde el depósito de H_2SO_4 también aspiran las bombas para regenerar los lechos mixtos y para la neutralización de la balsa de efluentes.
- Dos bastidores de ósmosis inversa (2x100%) (primer paso) de dos etapas, con las siguientes características
 - Número tubos en 1ª etapa:14
 - Número de tubos en 2ª etapa:7
 - Número de membranas por tubo: 6
 - Número total de membranas por bastidor: 126
 - Diámetro de las membranas: 8"
 - Material: Poliamida de arrollamiento espiral
 - Fabricante: FILMTEC – DOW CHEMICAL
 - Modelo: BW30-400
 - Superficie Activa: 37 m^2
 - Tasa de conversión sistema: 75%

Instrumentación de control asociada:

- Transmisor de caudal en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de pH en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de Redox en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de conductividad en colector de entrada a ósmosis.
- Transmisor de presión en colector de entrada a ósmosis.
- Transmisor de temperatura en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de Dureza en colector de salida de ósmosis
- Transmisores de caudal en línea de entrada en bastidores
- Transmisores de presión en entrada a la primera etapa en bastidores
- Transmisores de presión en salida de permeado en bastidores
- Transmisores de presión de rechazo de la primera etapa en bastidores
- Transmisores de caudal de rechazo en bastidores



- Transmisores de presión de rechazo segunda etapa en bastidores
- Transmisores de conductividad en salida de agua permeada en bastidores

2.5.3 DESGASIFICADOR, ALMACENAMIENTO DE AGUA DESGASIFICADA Y BOMBEO A SEGUNDO PASO DE ÓSMOSIS INVERSA

Descripción del sistema

A la salida del primer paso de ósmosis, el agua se introduce directamente en el desgasificador sin necesidad de bombeo.

El desgasificador está compuesto por una torre de absorción con funcionamiento en contracorriente, con dos ventiladores centrífugos en la zona inferior de la torre, todo ello dispuesto sobre un depósito donde se almacenará el agua desgasificada y que sirve a la vez como soporte para la torre.

El objetivo de la instalación de un desgasificador es eliminar el CO₂. El dióxido de carbono es el principal responsable del empobrecimiento de la calidad del agua producida en el sistema de lechos mixtos. Por tanto, es necesaria la instalación de un sistema de desgasificación debido a que el CO₂ generado en la descomposición de los bicarbonatos presentes en el agua bruta al atravesar las membranas de ósmosis inversa.

En este equipo, el agua se pulveriza o se dispersa finamente y se reparte de manera uniforme por encima de una capa de relleno.

Por debajo de la bandeja perforada que soporta el relleno, se envía una fuerte corriente de aire, suministrada por un ventilador con filtro de aire (2x100%, uno en reserva). El agua y el aire circulan a contracorriente. El agua desgasificada se recoge en un depósito situado bajo la columna de contacto.

Con este tipo de sistemas puede alcanzarse una concentración residual muy próxima a la concentración de equilibrio.

A la salida del agua desgasificada hay una entrada prevista para la dosificación de NaOH antes de la entrada en el segundo paso de ósmosis., con el objetivo de reducir aún más el nivel de CO₂, de forma que el dióxido de carbono pase a bicarbonato y poder ser eliminado en el segundo paso de ósmosis inversa.

La dosificación de NaOH se realizará en función del caudal.

2.5.3.1 Descripción de los componentes principales del desgasificador

- Desgasificador atmosférico con capacidad para tratar el 100% del caudal-100m³/h.
- Dos ventiladores centrífugos (2x100%), con una capacidad unitaria de 6.420Nm³/h.



- Un tanque de agua desgasificada de P.R.F.V, que sirve como de soporte para la torre y tiene una capacidad de almacenamiento de 40 m³.
- Sistema de dosificación de NaOH, compuesto por un depósito de reactivo de P.R.F.V.de 5 m³, con una capacidad de almacenamiento de 30 días de autonomía en condiciones normales de operación, una bomba de carga de reactivo (Q=1.4m³/h, P= 0.5 bar) y dos bombas dosificadoras (2x100%) de 1.l/h y 1 bar, una de ellas en reserva. A su vez, del depósito de NaOH aspiran las bombas para la regeneración de los lechos mixtos de intercambio iónico y las bombas para la neutralización de la balsa de efluentes.

Instrumentación de control asociada

- Transmisor e indicador de nivel en el depósito de agua desgasificada.
- Interruptor de nivel bajo en el depósito de agua desgasificada.
- Interruptor de nivel alto en el depósito de agua desgasificada.

2.5.4 EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA (SEGUNDO PASO)

Desde el depósito de agua desgasificada se bombea al segundo paso de osmosis inversa .Cada bomba está prevista de un variador de velocidad.

El segundo paso de ósmosis inversa está formado por dos unidades (2x100%). Para el diseño de las unidades se ha establecido un grado de conversión (cociente entre el caudal de agua producido y el caudal de alimentación) del 85%, la configuración de los bastidores de ósmosis consiste en 15 tubos de presión con 6 elementos por tubo, en total 90 elementos (BW30-400) por bastidor.

El primer paso está compuesto por dos etapas, en la primera etapa consta de 10 tubos y en la segunda etapa de 5 tubos, a su vez todos ellos cuentan con 6 membranas por tubo.

Las características de las unidades son idénticas a las del primer paso.

El agua osmotizada se almacenará en un depósito de P.R.F.V con capacidad de 30m³ desde donde aspirarán las bombas para la alimentación al sistema de desmineralización.

2.5.4.1 Descripción de los componentes principales del sistema de ósmosis inversa (Segundo paso)

- Dos bastidores de ósmosis inversa (2x100%) de dos etapas, con las siguientes características:
 - Número tubos en 1ª etapa: 10
 - Número de tubos en 2ª etapa: 5
 - Número de membranas por tubo: 6



-
- Número total de membranas por bastidor: 90
 - Diámetro de las membranas: 8”
 - Material: Poliamida de arrollamiento espiral
 - Fabricante: FILMTEC – DOW CHEMICAL
 - Modelo: BW30-400
 - Superficie Activa: 37 m²
 - Tasa de conversión sistema: 85%
- Depósito de agua osmotizada de capacidad 30 m³ construido en P.R.F.V

Instrumentación de control asociada

- Transmisor de caudal en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de pH en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de Redox en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de conductividad en colector de entrada a ósmosis.
- Transmisor de presión en colector de entrada a ósmosis.
- Transmisor de temperatura en colector de entrada a ósmosis.
- Analizador de Dureza en colector de salida de ósmosis
- Transmisores de caudal en línea de entrada en bastidores
- Transmisores de presión en entrada a la primera etapa en bastidores
- Transmisores de presión en salida de permeado en bastidores
- Transmisores de presión de rechazo de la primera etapa en bastidores
- Transmisores de caudal de rechazo en bastidores
- Transmisores de presión de rechazo segunda etapa en bastidores
- Analizadores de conductividad en salida de agua permeada en bastidores
- Transmisor e indicador de nivel de depósito
- Interruptor de alto nivel en depósito
- Interruptor de bajo nivel en depósito

2.5.5 EQUIPO DE LIMPIEZA QUÍMICA Y FLUSHING

El sistema de limpieza química se proyecta para realizar la regeneración de las membranas de ósmosis inversa como consecuencia de la acumulación paulatina de sólidos en suspensión, colonias bacterianas o precipitados sobre la superficie de éstas. Esto ocasiona la obstrucción del paso de agua a través de las membranas con la inevitable pérdida del caudal de producción, o bien la necesidad de incrementar la presión diferencial sobre las membranas para obtener el caudal de producción deseado. La presión está limitada tanto por la presión manométrica disponible de las bombas, como por los límites de operación inherentes a las membranas.



Debe tenerse en cuenta que la limpieza frecuente de las membranas no es necesaria teniendo en cuenta el diseño efectuado así como la operación adecuada. No obstante, por las características constructivas de las membranas, así como su estabilidad a un amplio espectro de pH y resistencia de temperatura, la limpieza puede ser muy efectiva.

La limpieza química posibilita el arrastre y disolución de partículas acumuladas sobre las membranas recuperándolas para un nuevo ciclo de servicio.

La frecuencia de operar el equipo de limpieza química está íntimamente relacionada con la calidad del agua de alimentación y la operación general de la planta. La necesidad de realizar la limpieza química de las membranas viene determinada por alguno de los siguientes factores:

- El caudal de producción disminuya un 15 % respecto de las condiciones de referencia.
- El contenido de sales del permeado se incremente en un 10%.
- La presión diferencial entre la entrada y la salida se incremente un 15% por encima de las condiciones de referencia (condiciones de operación establecidas durante las primeras 24 a 48 horas de operación).

Se tiene en cuenta que el caudal de salida está influido por la temperatura del agua de alimentación; por tanto, un descenso en la temperatura del agua supone un descenso del caudal, no significando sea necesario proceder a la limpieza de las membranas. El control de la temperatura ayudará en la identificación de la operación a realizar.

Sistema de limpieza química

Se prepara la solución de limpieza en un depósito donde es calentada mediante una resistencia eléctrica, por seguridad la solución se filtra mediante un filtro de cartucho y se bombea a baja presión para desplazar el agua de proceso. Se utilizará sólo la presión suficiente para compensar la pérdida de carga del paso del agua del lado de la alimentación al concentrado. Esta presión deberá ser lo bastante baja como para que no se produzca permeado. Una presión baja reduce la redeposición de la suciedad en las membranas. El concentrado se verterá a drenaje para evitar la dilución de la solución de limpieza.

La solución estará en contacto con las membranas durante un tiempo determinado para que éstas se impregnen de la solución. Y posteriormente se realiza un desplazamiento forzado o flushing para arrastrar la solución de limpieza.

Desplazamiento forzado o flushing

Consiste en hacer un barrido con agua osmotizada en el sentido del flujo de las membranas de ósmosis inversa, con objeto de evitar que las sales contenidas en la fracción de rechazo se depositen sobre la superficie activa de las mismas.



El flushing se realiza a una presión de bombeo baja, 4bar, presión muy inferior a la osmótica del agua bruta y prácticamente la totalidad de flujo atravesará la zona de rechazo de las membranas sin llegar a permear, sin atravesar el poro de las membranas.

Se debe de realizar de forma automática cada vez que se produzca una parada de la planta.

2.5.5.1 Descripción de los componentes principales del equipo de limpieza y flushing

Los componentes principales del sistema del desplazamiento forzado o flushing son:

- Un depósito de 5m³ fabricado en P.R.F.V, para limpieza química.
- Un depósito de 5m³ fabricado en P.R.F.V, para flushing.
- Dos bombas centrífugas horizontales (2x100%) de impulsión de solución de limpieza (Q = 115 m³/h, P = 4 bar).
- Dos bombas centrífugas horizontales (2x100%) de impulsión de agua osmotizada (Q = 115 m³/h, P = 4 bar).
- Un filtro de cartucho con grado de filtración de 5µm.

Instrumentación de control asociada

- Interruptores de nivel alto en depósitos de limpieza química y desplazamiento.
- Interruptores de nivel bajo en depósitos de limpieza química y desplazamiento.
- Sonda de temperatura en depósito de limpieza química.
- Sonda de temperatura en tubería de impulsión de limpieza química.
- Transmisor de caudal en tubería de impulsión de limpieza química.
- Analizador de conductividad en tubería de retorno de limpieza química.
- Indicador de presión diferencial en filtro de cartucho.



2.5.6 SISTEMA DE DESMINERALIZACIÓN

2.5.6.1 Sistema de intercambio iónico por medio de lechos mixtos

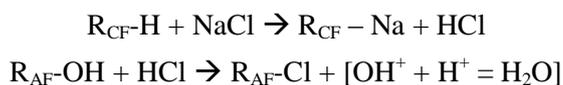
El último paso para conseguir la desmineralización del agua es pasar el agua osmotizada, procedente del depósito de agua osmotizada a través de una unidad de lecho mixto (2x100% una de ellas funcionando en servicio y la otra unidad en reserva) cada una tiene una capacidad de 85 m³/h obteniendo las siguientes características:

Calidad del agua desmineralizada	
Conductividad	< 0.1μS/cm
Sodio + Potasio	<0.5mg/l
Sílice total	<0.5mg/l SiO ₂
Calcio	<0.5mg/l Ca ²⁺

Tabla 4 Calidad agua desmineralizada

Cada unidad de lecho mixto contiene una mezcla de resina tipo de grado uniforme, catiónica fuerte, aniónica fuerte y resina inerte. El efecto de la mezcla de resinas en un único recipiente permite considerar al manto de resinas mezcladas como un conjunto de muchas etapas formando infinidad de pares catión-anión. De esta forma, cada “etapa” recibe el agua tratada por la anterior y la desmineraliza, mejorando la calidad de salida consiguiendo la eliminación de los bajos niveles de iones presentes en el agua osmotizada, consiguiendo un agua desmineralizada de alta calidad.

Debido a que las reacciones de intercambio se producen, en la práctica, simultáneamente, no hay posibilidad de fuga iónica, ya que los iones hidrógeno [H⁺] e hidróxido [OH⁻] se combinan inmediatamente para formar agua, de acuerdo con las reacciones siguientes:



Las fugas de sodio y sílice, se encuentran neutralizados debido a que no hay disponibles iones H⁺ ni OH⁻, capaces de provocarlas.

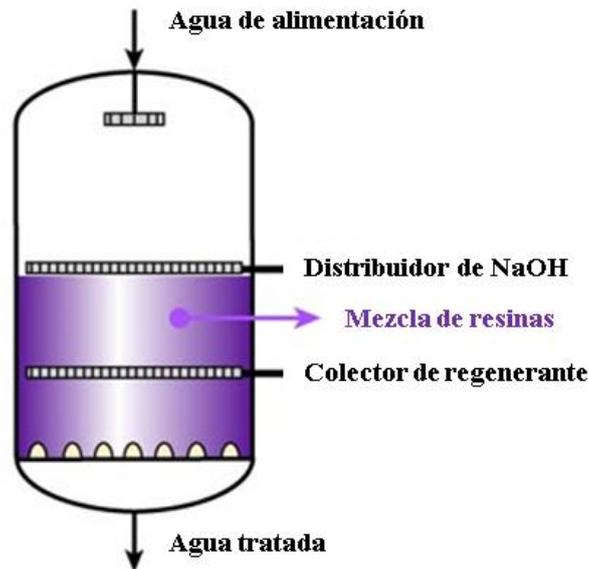


Figura 6 Esquema lechos mixtos.

2.5.6.2 Descripción de los componentes principales del sistema de intercambio iónico

El sistema de desmineralización está compuesto por:

- Dos (2x100%) bombas centrífugas horizontales para alimentación al sistema de desmineralización ($Q = 85 \text{ m}^3/\text{h}$, $P = 2.5 \text{ bar}$) con variador de frecuencia.
- Dos (2x100%) lechos mixtos, posición vertical, fabricados en acero al carbono y recubrimiento interior con ebonita. Capacidad de $85 \text{ m}^3/\text{h}$ de producción neta máxima de agua desmineralizada. Cada uno de ellos incluye:
 - Un sistema distribuidor de agua bruta, de las soluciones regenerantes y del aire para la mezcla de las resinas.
 - Un colector inferior de recogida de agua tratada.
 - Una carga de resina catiónica fuerte de tipo macroporosa, para ciclo ácido, de matriz poliestirénica y grupo funcional sulfónico.
 - Una carga especial de resina aniónica fuerte de tipo macroporosa, para ciclo básico, de matriz poliestirénica y grupo funcional amonio cuaternario.
 - Una carga de resina inerte.
 - Conjunto de válvulas automáticas.
 - Conjunto de electroválvulas para gobierno de las válvulas automáticas.
 - Dos soplantes (2x100%), para la mezcla de las resinas.

Instrumentación de control asociada

- Instrumentación: manómetros, transmisores de presión diferencial, presostatos y conductímetros.

2.5.6.3 Sistema de regeneración

La regeneración del lecho es un proceso complejo, las resinas mezcladas deben ser previamente separadas para su posterior regeneración, considerando que la resina catiónica debe ser regenerada con un ácido y la aniónica con una base.

El proceso de separación se logra mediante un contralavado controlado, que aprovecha el hecho de que las partículas de las resinas aniónicas tienen una densidad menor que es la correspondiente a las catiónicas. Esto hace que durante el contralavado las resinas se separen, quedando la resina aniónica en la parte superior y la catiónica en la parte inferior.

La sosa cáustica se inyecta por la parte superior mientras que el ácido sulfúrico se introduce por la parte inferior. Ambos reactivos salen por un colector ubicado en la zona de la interfase entre las dos resinas como se puede observar en la figura 7. La circulación de la sosa hacia abajo a través de la resina aniónica fuerza esta hacia abajo impidiendo la expansión de la resina catiónica durante la regeneración.

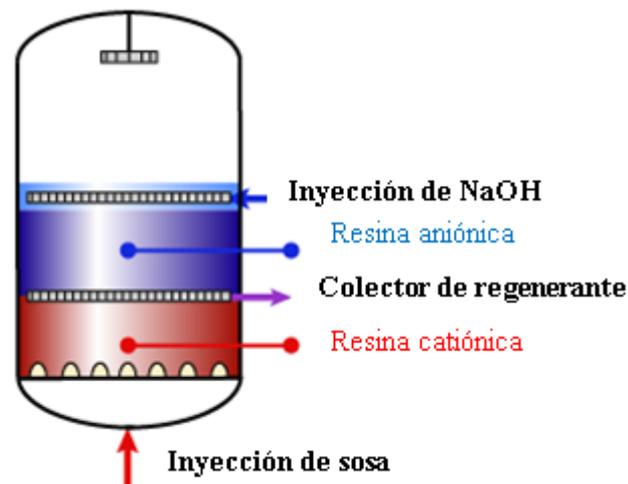


Figura 7 Esquema Regeneración lechos mixtos.

A continuación, una vez regeneradas las resinas, se efectúa la mezcla de las resinas con la inyección de un caudal de aire ($110\text{Nm}^3/\text{h}$ a 0.7bar) previa bajada de nivel del agua, que consiste en vaciar el agua contenida en la parte superior del recipiente hasta un nivel ubicado unos 10 cm por encima de la superficie de la resina aniónica.

Antes de su puesta en servicio, el lecho de resinas mezcladas se le somete a un aclarado final, con objeto de eliminar los restos de regenerantes que hayan quedado dentro del mismo, se utiliza el distribuidor de sosa para que no perturbe el manto.



El sistema de regeneración está formado por los depósitos de reactivos (Ácido sulfúrico e Hidróxido Sódico) descritos anteriormente y las dos bombas dosificadoras desde cada depósito (2x100%).

Secuencia de regeneración		
1°.Esponjamiento (contralavado)	15-20 min	8-12 m/h 14-20 m ³ /h
2°. Dosificación de: <ul style="list-style-type: none">• H₂SO₄ 5%• NaOH, 4%	40 min	2,67 m ³ /h H ₂ SO ₄ 5,03 m ³ /h NaOH
3°. Desplazamiento	40 min	2,74 m ³ 4,06 m ³
4°. Descarga parcial	5 min	--
5°. Mezcla con aire	15-20 min	60 m/h 110 Nm ³ /h
6°. Llenado	5 min	--
7°. Lavado rápido	Hasta la calidad deseada	22.7 m ³

Tabla 5 Secuencia de regeneración.



2.5.7 SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN

Todos los efluentes del sistema que necesitan un tratamiento previo a su salida de la planta se concentran en el sistema de neutralización.

Se trata de un sistema de tratamiento en el que se incluye la mezcla, homogeneización y la neutralización de todos los efluentes generados en toda la planta de tratamiento de agua en una balsa de efluentes. En la balsa se recogen vertidos procedentes de:

Efluentes a tratar	Frecuencia	Volumen
Contralavados de los filtros multimedia	Discontinuo / Cada 8-12 horas	32m ³ cada descarga
Rechazo del primer paso de osmosis inversa	Continuo	33.3 m ³ /h
Efluentes de la regeneración del sistema de intercambio iónico	Discontinuo / cada 150 horas	41 m ³
Drenajes de los cubetos de los reactivos químicos	Discontinuo	Volúmenes variables

Tabla 6 Efluentes a tratar

La balsa de neutralización tiene una capacidad de 250 m³. En el fondo tiene instalado un sistema de agitación sumergido mediante la inyección de aire por medio de soplantes a una parrilla con difusores de burbujas.

Dispone de bombas instaladas en el interior de la balsa para recirculación y evacuación de efluentes. La recirculación se realiza cuando el sistema de control de pH detecta que el efluente se encuentra fuera de los límites de vertido, accionando las bombas para enviarlo de nuevo a la balsa y así garantizar una mezcla y homogeneización rápida y eficaz de todo el volumen de la balsa.

La regulación del pH se realiza por medio de un lazo de control entre el analizador de pH de la balsa de efluentes y las bombas dosificadoras de ácido y sosa.



2.5.7.1 Descripción de los componentes principales

Los equipos principales que forman parte del sistema de neutralización son los siguientes:

- Dos bombas de recirculación y evacuación de efluentes (2x100% del caudal requerido). Autoaspirantes ($Q= 85 \text{ m}^3/\text{h}$ y $P= 4\text{bar}$)
- Sistemas de dosificación de ácido sulfúrico y sosa para neutralizar los efluentes, formados por depósito y dos bombas dosificadoras, común a los sistemas descritos en los puntos 2.5.2.4 y 2.5.3.1
- Sistema agitación sumergido mediante la disposición de una parrilla con difusores de burbujas y dos soplantes (2x100%) para el suministro de aire.
- Sistema de control de pH. El sistema cuenta con dos unidades, una se encuentra en la impulsión de las bombas de descarga, regulando la dosificación del ácido sulfúrico y de la sosa, y la otra situada en la carga, indicando el valor de pH del efluente.

Instrumentación de control asociada

- Transmisor e indicador de nivel en la balsa de efluentes.
- Interruptor de nivel bajo en la balsa de efluentes.
- Interruptor de nivel alto en la balsa de efluentes.
- Analizador de pH en la balsa de efluentes.
- Analizador de pH en tubería de salida.
- Indicador de presión a la salida de las bombas.
- Analizador de control de dosificación de químicos.

2.5.8 SISTEMA POTABILIZACIÓN

El sistema de control y dosificación de hipoclorito de sodio al depósito de agua potable es automático, se realiza en función de la medida de cloro residual que se realiza a la salida del depósito.

Este sistema tiene como finalidad el abastecimiento de todos los servicios de agua potable tanto de la planta como la central de turbinas de gas. El tratamiento de potabilización consiste simplemente en un tratamiento de desinfección por medio de hipoclorito sódico del agua bruta.

El tanque de agua potable al ser común se encuentra fuera de la planta de tratamiento y se abastece directamente de la red pública.

Los principales servicios a satisfacer son los siguientes:



- Aseos
- Dos duchas de emergencia.

2.5.8.1 Descripción de los componentes principales

- Un depósito de 20 m³ fabricado en P.R.F.V.
- Sistema de dosificación de hipoclorito sódico, común al sistema descrito en el punto 2.5.1.4 con las dos bombas dosificadoras (2x100%) de 0.01 l/h y 4.1 bar, una de ellas en reserva.

Instrumentación de control asociada

- Presostato con diferencial regulable.
- Analizador de pH en el depósito.

2.5.9 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO (AGUA DE MANTENIMIENTO)

La dosificación de hipoclorito de sodio al depósito de agua de mantenimiento (a suministrar por otros) se realiza por medio de dos bombas dosificadoras (2x100%) que aspiran del depósito de hipoclorito sódico (descrito en el punto 2.5.1.4)

La dosificación se realiza en la tubería de alimentación al depósito de forma semiautomática, a la petición del operador. La válvula de entrada de agua al depósito de mantenimiento debe estar abierta.

2.6 SISTEMA DE CONTROL

Para la supervisión y el monitoreo de la planta de tratamiento de agua se propone la instalación del sistema de control que será suministrado por otros.

El sistema de control permitirá aumentar la eficiencia en la producción y conseguir un correcto funcionamiento de la planta.

El sistema de control de la planta de tratamiento de agua se basa en un PLC de siemens serie S7 400 con tarjetas de entrada-salida con periferia descentralizada ET200M conectadas con la CPU mediante bus profibus DP. La CPU será redundante por cuestiones de seguridad. La CPU dispondrá de un puerto de comunicaciones para intercambio de señales con estación de un nivel superior y almacenamiento lejano.

Para su monitoreo se ha considerado un PC de sobremesa de 22" de HP o similar. Sobre este PC correrá un SCADA Win CC de Siemens que permitirá la operación completa de la planta. El PC se conectará a la CPU mediante red MPI, permitiendo:



- Visualizar el estado del proceso, valores de variables analógicas y alarmas.
- Visualización del estado operativo de todos los equipos de la planta (motores, válvulas...).
- Configuración de parámetros, tiempos de arranque y parada, alarmas, valores límites, dosificaciones y configuración de lazos de control.
- Realización de órdenes de mando, arranque y paro de bombas, accionamiento de válvulas.
- Registro cronológico de alta velocidad para detectar causa raíz de las alarmas.
- Facilidad de integración de nuevos lazos de control para procesos existentes y futuros.

El sistema funcionará en dos modos de funcionamiento. Modo local y modo remoto, ambos en modo manual y modo automático.

- Modo manual: Dependiendo del rango del operario; operador, supervisor/ingeniero o técnico especialista, las operaciones que podrán realizar serán las siguientes:
 - o Operador: arranque y parada de equipos.
 - o Supervisor/ingeniero: realizar comprobaciones y pruebas.
 - o Técnico especialista: programar lazos de control, realizar simulaciones, modificar parámetros y programas.
- Modo automático: no hay intervención de los usuarios, funciona dependiendo de las variables del sistema.



2.7 SISTEMA ELÉCTRICO

Instalación eléctrica para cubrir las necesidades de suministro eléctrico de una planta de tratamiento de agua.

2.7.1 NORMATIVA

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobreintensidades.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparamenta de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparamenta de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.



2.7.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación parte de la red de suministro que alimenta un Cuadro General de Protección, en adelante C.G.P. Para unas necesidades de suministro de 521 Kw totales, repartidas en cuatro salidas que identificaremos como:

- 1.- L.G.A. a bombas de agua de alta presión RO1.
- 2.- L.G.A. a bombas de agua de alta presión RO2.
- 3.- L.G.A. a bombas de agua tratada.
- 4.- L.G.A. a soplantes, sistema de dosificación y alumbrado y fuerza de planta

Siendo L.G.A. Línea General de Alimentación.

En un estudio previo, conociendo la potencia necesaria por cada equipo y la simultaneidad se ha realizado una agrupación de servicios. Así se ha establecido una línea general de alimentación para cada línea de bombas de agua de alta presión por ser de potencias de 160 y 130 kW y se ha considerado la potencia reactiva para dimensionar todas las líneas.

Se habla de L.G.A. de bombas de agua tratada, agrupando las bombas de agua bruta, lavado de filtros, agua filtrada, de alimentación a lechos mixtos, de extracción de efluentes y el skid de limpieza química, que con potencias de 10 kW a 29 kW, considerando una simultaneidad de 1 y 158 Kw determinan la sección de su línea.

Análogamente se agrupan los soplantes de lavado de filtros, de balsa de efluentes y de lechos mixtos con el sistema de dosificación de reactivos y de alumbrado y fuerza de planta, que con 115 kW y considerando una simultaneidad de 1, determinan también la sección de su línea.

2.7.3 POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
Bombas de agua alta presión RO1	160.00
Bombas de agua alta presión RO 2	130.00
Bombas de agua tratada	153.60
Soplantes, sistema de dosificación y alumbrado y fuerza planta	104.55
Potencia total demandada	548.15



Dadas las características de la obra y las necesidades de electrificación, puede establecerse la potencia total instalada y demandada por la instalación:

- Bombas de agua alta presión RO1 y RO2

Concepto	P Unitaria (kW)	Número	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
A.P. RO1	160.00	2	320.00	160.00
A.P. RO2	130.00	2	260.00	130.00
Total	-	-	580.00	-

- Bombas de agua tratada

Concepto	P Unitaria (kW)	Número	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
Agua filtrada	29.00	2	254.00	127.00
Skid limpieza	22.00	2		
Lavado filtros	21.00	4		
Agua bruta	13.00	2		
Extracción de efluentes	22.00	2		
Total	-	-	254.00	-

- Soplantes y sistema de dosificación

Concepto	P Unitaria (kW)	Número	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
Dosificaciones varias	0.030	14	2.50	1.80
	0.120	4		
	0.250	2		
	0.550	2		
Oficinas	9.000	3	27.00	27.00
Fuerza nave	15.000	1	15.00	15.00
Alumbrado nave	0.150	60	9.00	9.00
Soplantes varios	10.000	5	72.15	72.15
Sistema informático	8.000	1		
Soplantes	5.500	2		
Alumbrado	0.150	13		
Coagulante	0.020	60		
Total	-	-	125.65	-



2.7.4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.7.4.1 Origen de la instalación

- Línea General de Alimentación de bombas de agua alta presión RO1.

El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K (AS) 0.6/1 kV 3 x 185+ 2G 95

- Línea General de Alimentación de bombas de agua alta presión RO2

El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K (AS) 0.6/1 kV 3 x 185+ 2G 95

- Línea General de Alimentación de bombas de agua tratada

El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K (AS) 0.6/1 kV 3 x 150 + 1 x 70 + 1G 95

- Línea General de Alimentación de soplantes y sistema de dosificación y servicios generales de planta

El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K (AS) 0.6/1 kV 3 x 95 + 2G 50

Para todas ellas el origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA.

Todas las L.G.A son de material no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de X mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4. Los cables de la marca Prismian ó General Cable tienen esa característica.

2.7.4.2 Caja general de protección.

Número de cajas y características

Se instalará una caja general de protección por esquema con sus correspondientes líneas generales de alimentación.

Las protecciones correspondientes a la CGP aparecerán en el apartado de líneas generales de alimentación.



Situación

La caja general de protección se situará en zonas de acceso público, en la cara exterior del edificio a la altura de la sala eléctrica y de control.

Puesta a tierra

Cuando las puertas de la CGP sean metálicas, deberán ponerse a tierra mediante un conductor de cobre.

Del cuadro general de protección salen las cuatro salidas protegidas por cartuchos fusibles desconectables en carga tipo BUC del calibre apropiado y alcanzan en el interior la centralización de líneas.

En el cuadro general de protección se dispondrá un embarrado de conexionado del conductor de protección para la conexión de las líneas a la red de tierra del edificio.

2.7.4.3 Línea general de alimentación

Las líneas generales de alimentación enlazan las Cajas Generales de Protección con las centralizaciones de líneas que les corresponde.

La longitud, sección y protecciones de las líneas generales de alimentación, que posteriormente se justificarán en el Documento de Cálculos, se indican a continuación:

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bombas de agua alta presión RO1	T	160.00	0.85	1.0	In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²
Bombas de agua alta presión RO2	T	130.00	0.85	1.0	In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²
Bombas de agua tratada	T	153.60	0.85	2.0	In: 315 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 150 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 70 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Soplantes y sistema de dosificación y alumbrado y fuerza planta	T	104.55	0.95	2.0	IEC60269 gL/gG In: 200 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 95 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 50 mm ²

Cada línea general de alimentación estará constituida por tres conductores de fase y un conductor de neutro. Discurriendo por la misma conducción se dispondrá del correspondiente conductor de protección, cuando la conexión del punto de puesta a tierra con el conductor de tierra general se realice en la C.G.P.

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Cuando la línea general de alimentación se instale en el interior de tubos, el diámetro nominal será el indicado en la tabla del reglamento para esta parte de la instalación de enlace. En el caso de instalarse en otro tipo de canalización sus dimensiones serán tales que permitan ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100 por 100.

Esquemas	Tipo de instalación
Bombas de agua alta presión RO1	Instalación al aire - T ^a : 40 °C Bandejas perforadas horizontales espaciadas
Bombas de agua alta presión RO2	Instalación al aire - T ^a : 40 °C Bandejas perforadas horizontales espaciadas
Bombas de agua tratada	Instalación al aire - T ^a : 40 °C Bandejas perforadas horizontales espaciadas
Soplantes y sistema de dosificación y alumbrado y fuerza de planta	Instalación al aire - T ^a : 40 °C Bandejas perforadas horizontales espaciadas



2.7.4.4 Centralización de líneas

Las líneas parten de la centralización hacia los cuadros de maniobra de los equipos. En una canalización aparte se conduce la línea de datos que enlaza y comunica los cuadros con el sistema informático que monitoriza toda la planta. Para ello el sistema dispone de interfase analógica-digital pero todo el complejo puede gestionarse manualmente.

El factor de potencia se considera para todos los esquemas de 0.85 a excepción del Soplañtes y sistema de dosificación y alumbrado y fuerza de planta que se toma 0.95

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	Longitud (m)	Protecciones Línea
Alimentación a bombas alta presión RO1	T	160.00	Puente	FUSIBLE In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
				RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²
Alimentación a bombas alta presión RO2	T	130.00	Puente	FUSIBLE In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
				RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²
Bombas de agua tratada	T	153.60	Puente	FUSIBLE In: 315 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
				RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 150 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 70 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²
Soplañtes y sistema de dosificación y alumbrado y fuerza de planta	T	104.55	Puente	FUSIBLE In: 200 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
				RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 95 mm ² N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 50 mm ²



Características

Las centralizaciones de líneas (una por cada CGP), estarán formadas por varios módulos destinados a albergar los siguientes elementos:

- Interruptor omnipolar de corte en carga.
- Embarrado general.
- Fusibles de seguridad.
- Aparatos de medida que monitorizan la carga de la línea.
- Embarrado general de protección.
- Bornes de salida y puesta a tierra.

Las protecciones correspondientes a la centralización de líneas aparecerán como apartado de derivaciones individuales.

La centralización de líneas se instalará en la sala eléctrica y de control.

2.7.4.5 Derivaciones individuales

Las derivaciones individuales enlazan cada salida con su correspondiente cuadro general de distribución. Se instalan cuadros en la proximidad de los equipos, la mayoría de los equipos se encuentran duplicados para disponer de equipos de reserva que denominamos con el sufijo 1 ó 2; principal y de reserva.

Las derivaciones individuales estarán formadas por:

- Para suministros monofásicos estarán formadas por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección,
- Para suministros trifásicos por tres conductores de fase, uno de neutro y uno de protección.

Los conductores de protección estarán integrados en sus derivaciones individuales y conectados a los embarrados de los cuadros.

Las derivaciones individuales parten del cuadro de centralización de líneas situado en la sala eléctrica y alcanzan cada cuadro de maniobra de cada equipo situado en su proximidad, se componen de una protección y su línea correspondiente, las protecciones de línea que utilizamos pueden ser fusibles o magnetotérmicos y /o diferenciales. Los cables utilizados son RZ1K(AS) ó ES07Z1 k (AS) según interese soporten hasta 90 ó 70 °C. A continuación se detallan los resultados adoptados para cada derivación:



- Bombas de agua alta presión RO1 Se utilizan fusibles de 400 A tipo gL/gG con poder corte de 100KA , protegen la derivación consistente en cable RZ1 0,6/1 KV de cobre flexible de sección 3x185 mm² y 2x95 mm para los conductores.

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bombas alta presión RO1	T	160.00	0.85	38.0	In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² +2X95

Análogamente para el resto resulta:

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bombas alta presión RO2	T	130.00	0.85	38.0	In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² +2X95

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bombas de agua bruta	T	15.60	0.85	20.0	In: 32 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 16 mm ²
Bombas de lavado de filtros	T	25.20	0.85	50.0	In: 50 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² +2X16
Bombas de agua filtrada	T	34.80	0.85	48.0	In: 80 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 35 mm ² +2X16
Bombas de lechos mixtos	T	25.20	0.85	9.0	In: 50 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 16 mm ²
Skid limpieza	T	26.40	0.85	36.0	In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
química					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 16 mm ²
Bombas de extracción de efluentes	T	26.40	0.85	40.0	In: 63 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² +2X16

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Soplante de lavado de filtros	T	12.00	0.85	53.0	In: 25 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 16 mm ²
Soplante rejilla balsa de efluentes	T	12.00	0.85	53.0	In: 25 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 16 mm ²
Soplante lechos mixtos	T	6.60	0.85	14.0	In: 16 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 5 x 10 mm ²
Dosificación de reactivos	M	1.80	1.00	8.0	In: 16 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					H07Z1 Cobre Flexible 3 x 6 mm ²
Alumbrado y fuerza de planta	T	72.15	0.99	1.0	In: 125 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG
					RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 95 mm ²
					N Y P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 50 mm ²

Canalizaciones de derivaciones individuales

Se ha adoptado distribuir las líneas de las derivaciones por bandejas al aire, alcanzando los cuadros de maniobra de los equipos por su parte superior a una altura de 3 m y en su vertical, sujetas por postes en conducciones de canales cerradas o tubos metálicos de dimensiones apropiadas con cajas registro, alcanzan el cuadro correspondiente.

Los tubos y canales protectoras que se destinen a contener las derivaciones individuales deberán ser de una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100 por 100, siendo el diámetro exterior mínimo 32 mm.



2.7.4.6 Instalación de planta

Para el alumbrado y fuerza de planta se alimenta el cuadro correspondiente que dispone normalmente de un magnetotérmico y un diferencial para proteger la línea de alimentación y tantos magnetotérmicos y diferenciales como líneas de salida tenga.

Cada circuito queda protegido con los siguientes dispositivos de protección:

- Protección contra contactos indirectos: Se realiza mediante un interruptor diferencial general.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: Se lleva a cabo mediante un interruptor general automático de corte omnipolar con suficiente capacidad de corte para la protección de la derivación individual, y con interruptores automáticos para cada uno de los circuitos interiores.

La composición de los cuadros y los circuitos interiores será la siguiente:

Tomas de corriente en línea de fuerza de planta

Los diferentes circuitos de las instalaciones de usos comunes se protegerán por separado mediante los siguientes elementos:

- Protección contra contactos indirectos: Se realiza mediante un interruptor diferencial general.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: Se lleva a cabo con interruptores automáticos magnetotérmicos de diferentes intensidades nominales, en función de la sección a proteger. Asimismo, se instalará un interruptor general para proteger la derivación individual.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

- Línea soplantes y sistema de dosificación

Cuadro de planta en sala eléctrica.

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Línea de fuerza de planta	T	15.00	1.00	50.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 25 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Memoria descriptiva

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Alumbrado de planta	T	9.00	0.90	Puente	M-G Compact NS160H - STR22SE In: 40 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 40 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ²
Alumbrado fijo	T	3.00	0.90	Puente	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado fijo	T	3.00	0.90	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado zonal	T	6.00	0.90	Puente	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 25 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Zona 1	T	1.50	0.90	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Zona 2	T	1.50	0.90	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Zona 3	T	1.50	0.90	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Zona 4	T	1.50	0.90	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

- LINEA BOMBAS DE AGUA ALTA PRESION RO1

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bomba de alta presión RO1-1 y RO1-2	T	160.00	0.85	2.0	M-G Compact NS400N - STR23SE In: 400 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB RD1 Hasta 1000 A Instantáneos In: 1000 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0,6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bomba de alta presión RO2-1 y RO2-2	T	130.00	0.85	2.0	<p>M-G Compact NS400N - STR23SE In: 400 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB RD1 Hasta 1000 A Instantáneos In: 1000 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)</p> <p>RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 185 mm² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 95 mm²</p>

- LÍNEA BOMBAS DE AGUA TRATADA

ALIMENTACIÓN BOMBAS DE AGUA TRATADA

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Bomba de agua bruta 1 y 2	T	13.00	0.85	2.0	<p>EN60898 10kA Curva C In: 32 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 40 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)</p> <p>RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm²</p>
Bomba de lavado de filtros 1 y 2	T	21.00	0.85	2.0	<p>EN60898 10kA Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 63 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)</p>



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Memoria descriptiva

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Bomba de agua filtrada 1 y 2	T	29.00	0.85	2.0	EN60898 10kA Curva C In: 63 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 63 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Bomba de lechos mixtos 1 y 2	T	21.00	0.85	2.0	EN60898 10kA Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 63 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Skid limpieza química 1 y 2	T	22.00	0.85	2.0	EN60898 10kA Curva C In: 50 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 63 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



- Línea soplantes, sistema de dosificación y alumbrado y fuerza plana

Alimentación a soplantes y sistema de dosificación y servicios generales planta

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Soplante de lavado de filtros 1 y 2	T	10.00	0.85	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 25 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ²
Soplante rejilla de efluentes 1 y 2	T	10.00	0.85	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 25 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ²
Soplante lechos mixtos 1 y 2	T	5.50	0.85	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 16 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ²
Dosificación de NaOH	M	0.16	1.00	35.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de coagulante	M	0.06	1.00	35.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de antincrustante	M	0.06	1.00	35.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de NaOH	M	1.26	1.00	Puente	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de NaOH 550w	M	1.10	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de NaOH 120w	M	0.24	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de NaOH 30W	M	0.06	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación de H ₂ SO ₄	M	0.72	1.00	Puente	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ²
Dosificación de H ₂ SO ₄ 250W	M	0.50	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Dosificación	M	0.24	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
de H ₂ SO ₄ 120W					In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 1.5 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 1.5 mm ²
Dosificación de H ₂ SO ₄ 30W	M	0.06	1.00	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 16 A; Un: 230 V; Id: 10 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 2 x 1.5 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 1.5 mm ²
Cuadro de planta	T	30.15	0.94	Puente	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 63 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 63 A; Un: 415 V; Id: 300 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 16 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 16 mm ²
Alumbrado exterior	T	1.95	0.90	Puente	M-G Compact NS160H - STR22SE In: 40 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 40 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ²



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Memoria descriptiva

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Alumbrado fijo	T	0.75	0.90	130.0	M-G Compact NS250N - STR22SE In: 40 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 10 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 10 mm ²
Alumbrado zona 1	T	0.30	0.90	30.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado zona 2	T	0.30	0.90	45.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado zona 3	T	0.30	0.90	75.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Memoria descriptiva

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado zona 4	T	0.30	0.90	75.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alumbrado emergencia	T	1.20	1.00	Puente	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 2.5 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 2.5 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 2.5 mm ²
Emergencia zona 1	T	0.40	1.00	45.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 2.5 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 2.5 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 2.5 mm ²
Emergencia zona 2	T	0.40	1.00	65.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I) H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Emergencia zona 3	T	0.40	1.00	80.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I) H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 4 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 4 mm ²
Alimentación sistema control	T	18.00	0.95	5.0	M-G Compact NS250H - TM.xD In: 32 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 10 ÷ 100 kA; Curva I - t (Ptos.) H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 10 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 10 mm ²
Alimentación ordenadores	T	8.00	0.95	15.0	EN60898 10kA Curva C In: 16 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3 ABB F360 Clase AC Instantáneos In: 25 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I) H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ²
S.A.I	T	10.00	0.95	20.0	EN60898 10kA Curva C In: 16 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo C; Categoría 3



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
					H07Z1 H07Z1 Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ² P: H07Z1 Cobre Flexible 6 mm ²

2.7.4.7 Instalación de puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en sus Instrucciones 18 y 26, quedando sujetas a la misma toma de tierra, las líneas principales de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Conductor enterrado horizontal	l = 20 m	50 Ohm·m

La toma de tierra está formada por cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 milímetros cuadrados, o un cable de acero galvanizado de 95 milímetros cuadrados, formando un anillo cerrado alrededor de todo el perímetro de la obra, discurre por el exterior, enterrada bajo tubo y se disponen arquetas para clavado adicional de picas y conexión a los pilares de la estructura.

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- En el punto de ubicación de la caja general de protección.
- En el local o lugar de la centralización de líneas.

Conductores de protección

Los conductores de protección de las líneas generales de alimentación discurrirán por la misma canalización que ellas; llegarán a las centralizaciones de contadores, de las que partirán las derivaciones, y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.



Los conductores de protección de las derivaciones individuales discurrirán por la misma canalización que las derivaciones individuales y presentan las secciones exigidas por las Instrucciones ITC-BT 15 y 18 del REBT.

El resto de conductores de protección discurrirán por las mismas canalizaciones que sus correspondientes circuitos, con las secciones indicadas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

2.8 EDIFICIO

Para albergar la instalación, se ha previsto la construcción de una estructura de acero, para ello se han distribuido los equipos como se muestra en el plano de implantación de equipos, incluyendo una sala de químicos, una sala eléctrica, una sala de control, un laboratorio y un baño. Por si hubiese una ampliación de la planta de tratamiento se ha dejado espacio suficiente entre los equipos.

La planta del edificio tiene unas dimensiones de 40x25 metros con una altura útil de 8 metros. La estructura se dimensionará también de cara a cumplir la normativa de protección contra incendios.

Se ha considerado la instalación de un puente grúa que recorra toda la nave. Esta grúa irá apoyada sobre raíles, que a su vez estarán ubicados sobre vigas del tipo IPE situados en ménsula con respecto a los pilares de la nave

2.8.1 NORMATIVA

Para dimensionar la estructura se ha utilizado la normativa española formada por el código técnico de la edificación y la instrucción española de hormigón estructural.

La normativa empleada para el diseño de la estructura ha sido la siguiente:

- Código técnico de la edificación:
 - DB SE AE (Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en la edificación): de este documento se han obtenido los distintos valores de cargas a considerar.
 - DB SE A (Documento Básico de Seguridad Estructural: Acero): es el documento utilizado para el dimensionamiento de toda la perfiles de acero.
 - DB SE C (Documento Básico de Seguridad Estructural: Cimentación): utilizado para el diseño de la cimentación del edificio.



-
- DB SI (Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio): este documento se utilizará para realizar las comprobaciones referentes a la resistencia contra incendio.
 - Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE 08): se ha utilizado para los cálculos relativos al hormigón estructural (zapatas y vigas de atado).

2.8.2 ACCIONES CONSIDERADAS

Sus valores se han obtenido del peso de los materiales, las características del puente grúa y las marcadas en el CTE SE AE.

Se puede distinguir los siguientes tipos de carga:

- Peso propio: aquellas correspondientes al peso de los materiales estructurales.
- Cargas muertas: cargas derivadas de los elementos constructivos no estructurales (cubiertas, tabiques...).
- Sobrecarga de uso: cubierta se ha considerado como categoría G1, accesible únicamente para conservación.
- Viento: dimensionada conforme a las fórmulas y valores indicados en el CTE. Para su correcto dimensionamiento se ha tenido en cuenta el emplazamiento de la estructura y sus propiedades geométricas
- Sobrecarga del puente grúa: para contemplar los efectos del puente grúa se han tomado sus características nominales, tanto de peso propio como de carga máxima. Los efectos de esta carga se han aplicado en los puntos más desfavorables de la estructura para conseguir cubrir los casos más perjudiciales para la integridad estructural.

2.8.3 MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales empleados se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Acero estructural S275: es el empleado para toda la perfilería de la estructura, siendo el empleado en todos los tipos (IPE, HEB y UPN).
- Acero de placas: es el empleado en la fabricación de todas las placas de anclaje.
- Hormigón: se emplea hormigón para realizar la cimentación de la estructura, se utilizará hormigón del tipo HA 25 y una pequeña cantidad de hormigón de limpieza.



-
- Acero de armar: para el armado de las zapatas y de las vigas de atado se ha utilizado un acero del tipo B 500 S.

2.8.4 RESISTENCIA CONTRA INCENDIOS

La resistencia al fuego de la estructura se ha dimensionado utilizando el CTE DB SI, siguiendo las indicaciones y limitaciones impuestas por el mismo. Debido a las características geométricas y funcionales de la nave se ha tomado una resistencia característica de la estructura de R15.

Como medida de acción para aumentar la resistencia de la estructura, se va a emplear una capa de pintura intumescente en aquellos elementos que lo requieran. Además de definir los elementos que requieren de este recubrimiento se dimensionará el espesor del mismo.

Revestimiento de protección: Pintura intumescente.

- Densidad: 1350 kg/m³
- Conductividad: 0.01 W/(m*K)
- Calor específico: 618 J/(kg*K)

2.8.5 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Todos los planos que apoyan las descripciones realizadas se encuentran en el apartado de planos.

2.8.5.1 Cimentación

El terreno sobre el que se sitúa la estructura se ha tomado como un terreno formado por arenas densas con una resistencia persistente de 0.25 MPa.

Se ha optado por una cimentación formada por zapatas de hormigón armado, unidas mediante vigas de atado para evitar los deslizamientos que puedan aparecer darse en las zapatas.

Tanto las zapatas como las vigas de atado están realizadas con un hormigón HA 25 y un acero de armar B 500 S. También será necesario el empleo de un hormigón de limpieza en la base de las zapatas.

2.8.5.2 Estructura metálica

Para el diseño de la estructura principal se ha tomado un modelo de pórticos. Sobre estos pórticos están situadas las vigas IPE que actuarán como correas sosteniendo el peso de la cubierta.



Estos pórticos están realizados mediante celosías utilizando para ello perfiles del tipo IPE (HEB los pórticos extremos) como cordones inferiores, perfiles IPE como cordones superiores y perfiles UPN de doble cajón soldado para los montantes y diagonales.

Por su parte los pilares estarán formados por vigas UPN dispuestas en un doble cajón unido mediante un cordón de soldadura continuo.

Sobre estos pilares se situarán en ménsula las vigas que servirán como soporte de los raíles del puente grúa.

2.8.5.3 Uniones soldadas

Para dimensionar la estructura se han considerado todos los nudos como nudos rígidos y los anclajes de la estructura al suelo se han tomado como empotramientos perfectos. Para resolver las uniones entre barras y las uniones entre los pilares y las placas de anclaje se ha optado por utilizar uniones soldadas.

Para la realización de los cordones de soldadura, se opta por electrodos de recubrimiento de rutilo con un límite elástico de 400MPa.

Las dimensiones del cordón de soldadura se han obtenido para que la unión sea capaz de resistir las sollicitaciones a las que está sometida. La longitud del cordón se muestra en la Figura 8. Por su parte el espesor de la garganta tendrá un valor máximo de $0.7x_e$, siendo e el espesor más pequeño de las almas a unir. En los casos que la unión rígida así lo requiera, será necesario el empleo de placas rigidizadoras, que se han utilizado para asegurar el empotramiento perfecto de los pilares de la estructura, así como la unión en varios nudos de la estructura. También cuando sea requerido será necesario el uso de chapas de continuidad.

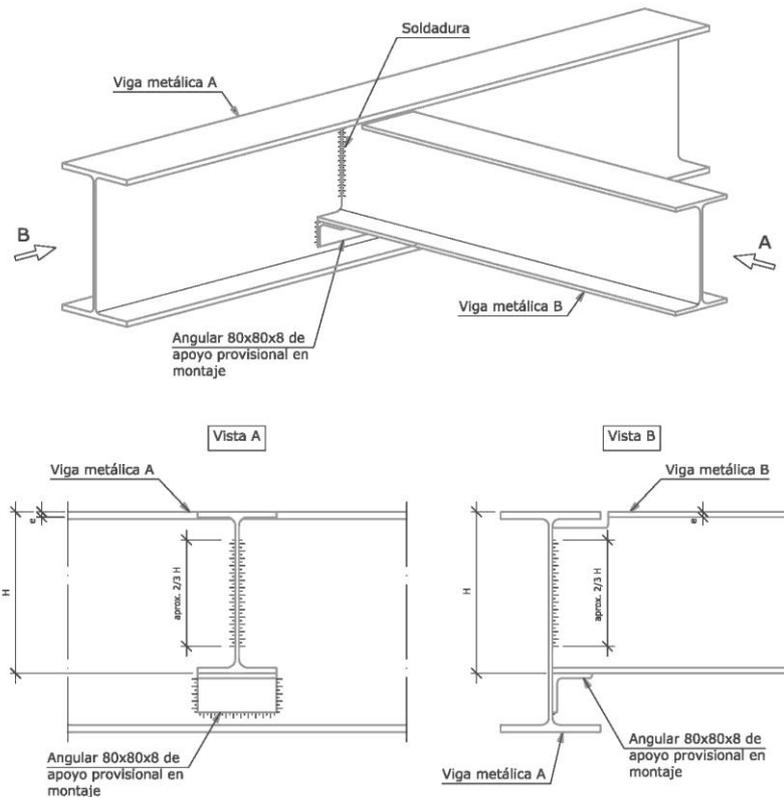


Figura 8 Uniones soldadas.

2.8.6 ELEMENTOS AUXILIARES

En este apartado se engloban aquellos elementos que aun careciendo de valor estructural son necesarios para cubrir las condiciones de salubridad, seguridad y habitabilidad necesarias para utilizar el edificio como una instalación industrial.

La cubierta se va a realizar empleando un panel sándwich de acero y polietileno con un espesor de 50 mm. Este panel se ha elegido para ser capaz de resistir las situaciones de carga previstas, cumpliendo con las limitaciones de resistencia y flecha límites.

Los cerramientos laterales se realizan empleando ladrillo de hueco doble, de una anchura de 12 cm, enfoscado a dos caras y con los acabados antihumedad necesarios. Para las separaciones interiores se emplea ladrillo tosco y paneles de pladur en función de los requerimientos de la utilidad.

A parte de la instalación industrial de la que es objeto este proyecto, es también necesario el empleo de instalaciones auxiliares para el correcto desarrollo de las actividades laborales. Este grupo de instalaciones engloba a la instalación eléctrica, de agua sanitaria, de agua de desagüe, de climatización y de protección contra incendios. Aunque ninguna de estas instalaciones son objeto de este proyecto a excepción de la instalación eléctrica, la cual se expondrá más adelante.

2.9 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.9.1 EDI EN LUGAR DE LECHOS MIXTOS

La instalación de los lechos mixtos ha sido por cumplimiento de las especificaciones. Aún así, se ha estudiado la variante de la instalación de la electrodesionización en continuo, de ahora en adelante, EDI.

La tecnología EDI emplea una combinación de membranas y resinas de intercambio iónico para eliminar iones del agua, bajo la influencia de un campo eléctrico. Al igual que los lechos mixtos este sistema es instalado después de la ósmosis inversa para realizar un pulido final, sin embargo mediante esta tecnología se obtiene agua desmineralizada cuya conductividad puede llegar a $0.055\mu\text{S}/\text{cm}$.

Un módulo de electrodesionización (EDI) consiste fundamentalmente en un número determinado de compartimentos formados alternando membranas catiónicas, aniónicas y espaciadores, que se sitúan en medio de dos electrodos a los que se aplica corriente eléctrica. Algunos de estos compartimentos se llenan con resinas de intercambio iónico mezcladas.

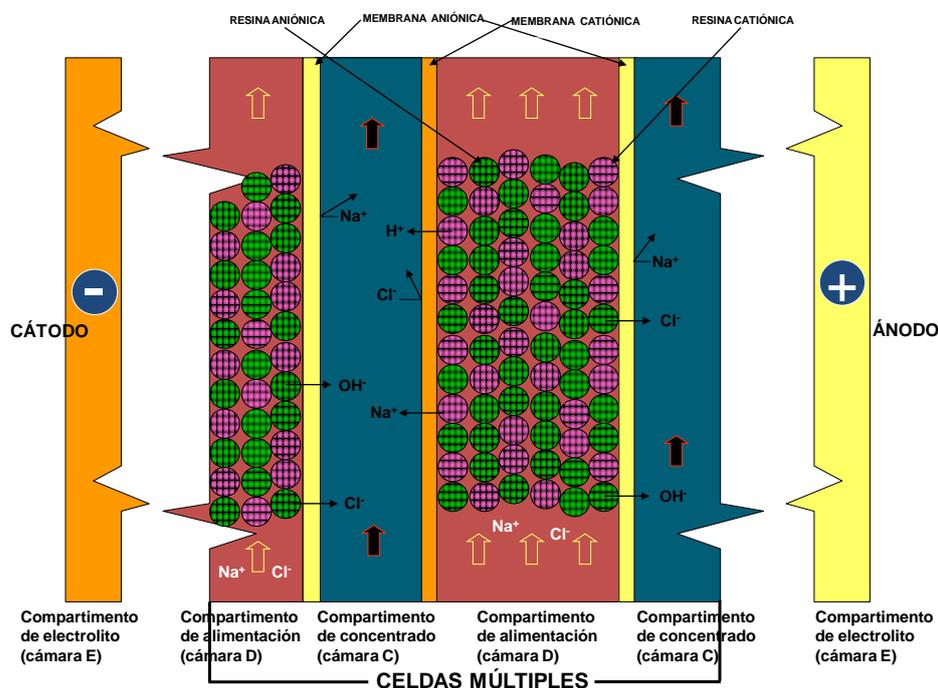


Figura 9 Esquema celda EDI

Los dos electrodos se encuentran en los extremos opuestos de la celda, como se indica en la Figura 9. Estos electrodos proveen la corriente eléctrica al agua que fluye



dentro de las celdas. Un electrodo es el cátodo, cargado negativamente y constituye una fuente de electrones. El cátodo por lo tanto atraerá cationes (iones cargados positivamente). El otro electrodo es el ánodo cuya carga positiva atraerá aniones (iones cargados negativamente). Tanto la atracción como repulsión de las cargas es debido a las cargas opuestas.

Las membranas de intercambio iónico que separan las cámaras son resinas fabricadas en forma de láminas y son de dos tipos: una membrana de intercambio catiónico, hecha a partir de resina catiónica, es permeable a los cationes, pero no a los aniones y una membrana aniónica hecha a partir de resina aniónica es permeable a los aniones, pero no a los cationes.

En la práctica las membranas empleadas en el intercambio iónico no son totalmente impermeables, los iones de signo contrario y pequeñas cantidades de agua permean.

Las membranas se encuentran ubicadas de modo que se convierten en las paredes que separan las cámaras. Hay dos tipos de cámaras: la cámara del Diluido lleno con resina de intercambio iónico y la cámara del Concentrado

El agua proveniente de la ósmosis inversa entra en la cámara de diluido. Esta contiene las resinas catiónicas y aniónicas confinadas entre las membranas aniónica y catiónica.

Las resinas permiten que los iones se adsorban en los respectivos lechos y viajen a través de cada partícula de resina hasta llegar a las membranas.

Una vez que los iones contaminantes pasan a través de las membranas, estos se encontrarán con la cámara de concentrado. Los iones son barridos por un flujo de recirculación, del cual una parte es drenado, y otra parte compensado por la reposición de agua de alimentación.

La tensión eléctrica aplicada provoca un movimiento de iones desde el compartimento de diluido al de concentrado a través de las membranas de intercambio iónico. El agua que fluye a través del compartimento de diluido sale de él ya purificada, mientras que el agua de alimentación, que fluye a través del compartimento de concentrado, se emplea para arrastrar los iones previamente separados.

La transferencia de iones conducidos por la corriente eléctrica ocurre fundamentalmente a través de las resinas en vez de a través del agua. Este hecho permite al EDI producir agua con resistividad de hasta 18 Megohm.cm, calidad que sería imposible de conseguir sin las resinas, dado que una vez eliminados la mayor parte de los iones en las primeras etapas del proceso, la resistividad del agua exigiría aplicar diferencias de potencial muy grandes para que el proceso de transferencia iónica continuase.



Al mismo tiempo, en las etapas finales del proceso, cuando el agua tiene ya una elevada pureza, la corriente eléctrica aplicada disocia el agua en iones hidrógeno e hidróxilo, que sirven para mantener las resinas permanentemente regeneradas.

Sustituyen, por lo tanto, a los H^+ introducidos con el HCl o a los OH^- introducidos con la NaOH en el proceso de regeneración de las resinas de intercambio iónico convencionales.

La regeneración continua en el EDI se logra electroquímicamente, por medio de membranas conductoras de iones y por la aplicación de una corriente eléctrica. Los iones hidrógeno (H^+) y los iones hidroxilo (OH^-) necesarios para la regeneración son formados in-situ, sin adición de reactivos químicos, por medio de la conocida reacción de hidrólisis del agua.

Los módulos de EDI son instalados en un bastidor de acero al carbono, con membranas de electrodiálisis, resinas de intercambio iónico y electrodos.

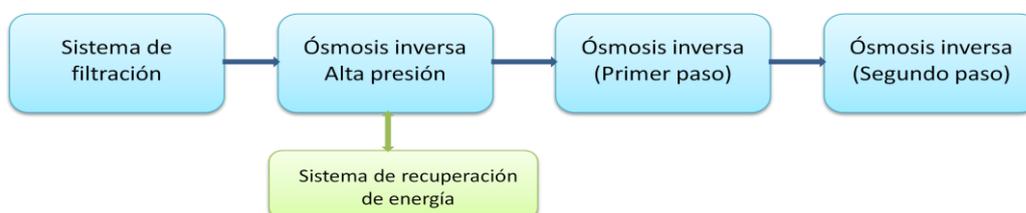
Y como instrumentación de control asociada: válvulas, manómetros, tuberías en PP y AISI 316L en producción y accesorios varios.



2.9.2 AGUA DE MAR COMO AGUA BRUTA

Ante este supuesto, se ha estudiado qué cambios habría que realizar en la planta de tratamiento expuesta en el presente proyecto, tratando de conservar los sistemas considerados; sistema de filtración, ósmosis inversa, desgasificador y lechos mixtos, entre otros.

El agua de mar tienen un alto contenido en sales 35.000-45.000 mg/l TDS (cloruros y sodio fundamentalmente) sales que el agua de red considerada en la parte principal del proyecto no tiene y por los que hay que incluir los siguientes sistemas de tratamiento que se exponen a continuación.



2.9.2.1 Sistema de filtración

El agua de mar se bombeará a la planta por medio de bombas centrífugas a la filtración. La filtración actual de la planta se modificará para poder tratar todo el caudal de agua de mar requerido a la entrada a la planta. Se instalará un sistema de filtrado adicional en paralelo capaz de tratar el 100% de la necesidades de agua.

Al ser agua de mar el contenido en sales es muy alto por lo que se requiere de un paso previo de ósmosis inversa de alta presión, la conversión del sistema de ósmosis es del orden del 45% del caudal de entrada, lo que supone que prácticamente se necesita duplicar el caudal de agua de mar, por lo tanto bastaría con duplicar el sistema de filtración actual.

El sistema de filtración multimedia actualmente instalado en la planta se podría reutilizar, el cambio que habría que realizar sería su disposición dentro de la planta y habría que instalar más filtros de las mismas características.

2.9.2.2 Ósmosis inversa de alta presión

Después de la filtración de agua se instalará un paso de ósmosis de alta presión formado por el grupo de bombeo de alta presión con sistema de recuperación de energía. Las membranas que son utilizadas en la planta actual son para agua salobre, por lo que si le introducimos agua de mar habría que cambiarlas. Sin embargo debido al alto contenido en sales, el nuevo paso de ósmosis inversa de alta presión que hay que instalar debe ser específico para agua de mar, por lo que el permeado producido sale del sistema con un 90% menos en sales, siendo posible la utilización de los dos pasos de osmosis inversa ya instalados para la producción de agua desmineralizada.



2.9.2.3 Sistema de recuperación de energía

Al instalar un sistema de ósmosis inversa de alta presión, en torno a los 60bares, el rechazo de la ósmosis sale a alta presión también por lo que es aconsejable instalar un sistema de recuperación de energía para optimizar el consumo energético.

La clasificación de los sistemas se divide en:

- Turbinas: el rechazo impulsa una turbina transformando la energía de presión en energía mecánica, la turbina es acoplada al motor de la bomba de alta presión.

Las turbinas empleadas pueden ser Francis y Pelton.

- Sistemas de intercambio de presión (SIP): por medio de la transferencia de energía de presión del rechazo de la ósmosis inversa y aprovechando las propiedades de incompresibilidad del agua la energía se transfiere directamente al agua de mar. Según su funcionamiento, se pueden distinguir dos tipos:
 - Intercambiadores de Presión de Rotación: se basa en el principio de desplazamiento positivo y cámaras isobáricas.
 - Intercambiadores de Presión Fijos por Desplazamiento, emplea dos tubos horizontales con un disco separador entre la salmuera y el agua de mar. El disco se encarga de transmitir la presión de un extremo al otro y dispone de un sistema de válvulas correderas.

2.9.2.4 Materiales empleados

En esta variante hay que tener especial cuidado con los materiales empleados en los equipos ya que el agua de mar es un agua muy corrosiva, pudiendo provocar fallo prematuro en los sistemas.

El sistema de contralavado de los filtros multimedia es el mismo que el empleado en el proyecto con agua de red, pero como se ha comentado habría que prestar atención a los materiales empleados.

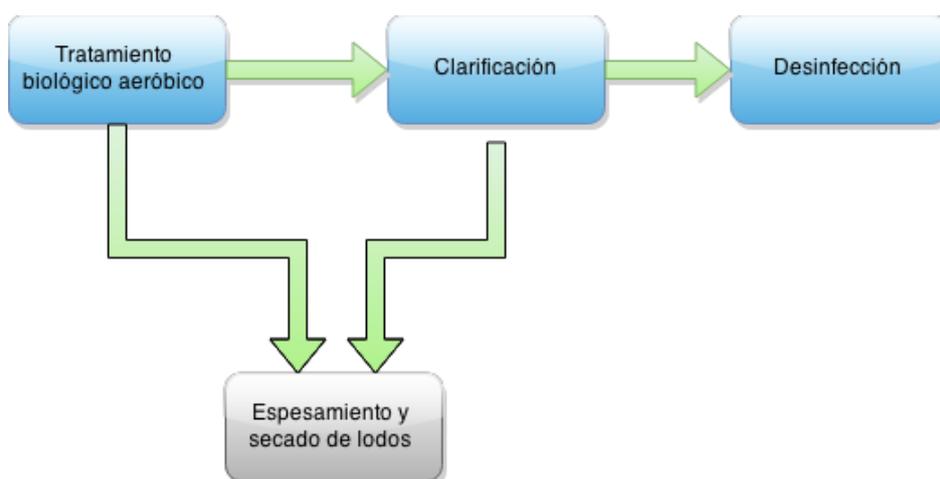


2.9.3 AGUAS NEGRAS COMO AGUA BRUTA

Ante este supuesto, se ha estudiado qué cambios habría que realizar en la planta de tratamiento expuesta en el presente proyecto, tratando de conservar los sistemas considerados; sistema de filtración, ósmosis inversa, desgasificador y lechos mixtos, entre otros.

Las aguas negras tienen un alto contenido en materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes... contaminantes que el agua de red considerada en la parte principal del proyecto no tiene y por los que hay que incluir los siguientes sistemas de tratamiento que se exponen a continuación

El agua residual se bombeará a la planta siempre y cuando cumpla con un límite de bacterias establecido dentro de unos márgenes de diseño de la planta. Para el análisis del agua bruta se dispondrá de un analizador de materia orgánica para controlar la demanda biológica de oxígeno (DBO). En el caso de exceder los límites establecidos el suministro será cortado a la planta.



2.9.3.1 Tratamiento biológico aeróbico

Se propone como primer sistema, un tratamiento biológico aeróbico, en el que se provoca la oxidación y la conversión de los compuestos orgánicos en CO_2 y H_2O y en consecuencia se producen una gran cantidad de lodos que habrá que eliminar.

El tratamiento biológico se realiza en un reactor biológico secuencial, el cual realiza la igualación, aireación y clarificación en un solo tanque. Como en todo el proyecto, para que la planta produzca agua de forma continuada, se disponen dos reactores biológicos, cuyo funcionamiento se alterna mediante el control con el PLC.

Las etapas que tienen lugar dentro de los reactores biológico son:



- Llenado con mezcla

El objeto principal de esta fase consiste en acondicionar la masa biológica y optimizar la destrucción de nutrientes bajo condiciones anóxicas.

El agua es mezclada para mantener los sólidos biológicos en suspensión. El efluente es desnitrificado debido a la ausencia de oxígeno y a la entrada constante de agua cruda cargada de DBO. Prácticamente la totalidad de los nitratos al reaccionar se transforman en nitrógeno molecular en forma de gas, el cual es removido naturalmente del sistema, mientras que las concentraciones de fósforo, de nitrógeno amoniacal y de DBO aumentan rápidamente con la entrada del agua cruda.

- Llenado con reacción

Segunda etapa en la que continúa la entrada de agua cruda en el sistema, en este caso bajo condiciones aeróbicas, la entrada de oxígeno se realiza por la apertura de las válvulas y el arranque de los soplantes.

En el caso de necesitar condiciones anóxicas los soplantes se apagarán, sobre todo depende de la concentración de nitrógeno disuelto presente en el agua cruda, si no es muy elevada, los soplantes estarán encendidos de forma continua no siendo necesarias las condiciones anóxicas.

La cantidad de oxígeno ha de ser acorde a las condiciones de diseño y de la calidad del agua de entrada. La cantidad de aire dosificado es regulado por la medida de oxígeno disuelto en el agua.

Debido a las reacciones que se producen en esta fase la concentración de nitrógeno amoniacal disminuye al igual que la concentración de materia orgánica.

- Reacción

Se suspende la entrada de agua cruda al reactor utilizado, por lo que se desvía la entrada de agua cruda al segundo reactor. Se mantienen el mezclador y los soplantes encendidos.

Durante la fase de reacción se elimina la mayor parte de la DBO producido por la reacción con los nutrientes contenidos en el agua residual, y a su vez provocando la formación de dióxido de carbono, agua y energía.

- Sedimentación

Durante un tiempo establecido los soplantes y el mezclador se apagan provocando la sedimentación de los lodos biológicos.

- Decantación y purga de lodos

El agua decantada por gravedad se bombea hacia un depósito de postigualación, al que son enviados los efluentes de la deshidratación de los lodos.

El depósito postigualador tiene por objetivo alimentar de forma continua al clarificador

Los lodos producidos son extraídos del reactor mediante bombas



2.9.3.2 Clarificación primaria

En esta etapa se clarifica el agua a la calidad necesaria para la siguiente etapa. Se disminuirán los sólidos en suspensión.

La calidad del efluente de esta etapa a de cumplir con los límites establecidos para no dañar los sistemas de tratamiento posteriores, además de aumentar la eficacia del sistema.

Se puede considerar un reactor del tipo “contacto de sólidos”, cuya eficacia en la eliminación de sólidos suspendidos es del 93 % y en el que se producen las siguientes etapas:

- Reacción

Inicialmente se dosifica coagulante para provocar la formación de flóculos. Posteriormente el agua que entra es mezclada durante un corto periodo de tiempo, y a la vez se adiciona floculante para aglomerar los flóculos y que decanten.

- Clarificación y sedimentación

En consecuencia de las reacciones de la fase previa se forman lodos inorgánicos los cuales sedimentan en la parte inferior del reactor y son posteriormente extraídos de forma periódica por medio de bombas.

2.9.3.3 Desinfección

Etapa en la que se añade el desinfectante, como por ejemplo hipoclorito sódico, cloro gas o dióxido de cloro para desinfectar. Se dosificará a la entrada del agua en el tanque donde se le dará el tiempo de residencia apropiado para realizar la desinfección.

2.9.3.4 Espesamiento y secado de lodos

Los lodos extraídos del biológico y de la clarificación son enviados a un sistema de espesado y secado de lodos que consiste en un espesador estático (depósito con agitador) seguido por un filtro prensa al que le llegan los lodos por medio de bombas.

El fango seco se almacena en un contenedor que se gestiona posteriormente.



2.9.4 ANÁLISIS DE LA VARIANTE: AGUA DESMINERALIZADA CON CONDUCTIVIDAD $10\mu\text{S}/\text{CM}$.

Observando los parámetros de salida del primer paso de osmosis inversa obtenidos mediante el programa ROSA, y comprobando temperaturas en el rango comprendido entre 10 y 30°C se llega a la siguiente conclusión.

A medida que aumentamos la temperatura, manteniendo la conversión del sistema, el rechazo de las sales es menor, por lo que el TSD aumenta.

Teniendo en cuenta la relación que hay entre la conductividad y el parámetro TDS; $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ es a 500ppm. Para obtener agua con calidad $10\mu\text{S}/\text{cm}$, el rango de temperaturas entre el que es posible conseguirla es de 10 a 15°C.

El diseño de la planta, contempla un rango de temperaturas en el agua de entrada de 10 a 30°C, por lo que se propone un sistema de enfriamiento del agua de entrada para poder cubrir la demanda del agua con esa calidad en determinadas ocasiones que el agua no se encuentre en el rango de temperaturas calculado, de 15 a 30°C.

En las plantas de ósmosis inversa se instalan sistemas de calentamiento para aumentar el caudal de agua tratada y disminuir la presión, siempre teniendo en cuenta la superficie de membrana de osmosis inversa a instalar para el aseguramiento de la calidad. Por ello este sistema de enfriamiento no se considera, habría que aumentar considerablemente en consecuencia la presión de la bombas de entrada a la ósmosis aumentando el consumo eléctrico y en consecuencia el precio específico del agua.

Otra posibilidad sería, como se indica en el manual de DOW (fabricante de las membranas elegidas) en la Figura 10. Cabría la posibilidad de aumentar la presión de entrada y así provocar un aumento en el rechazo de las sales.

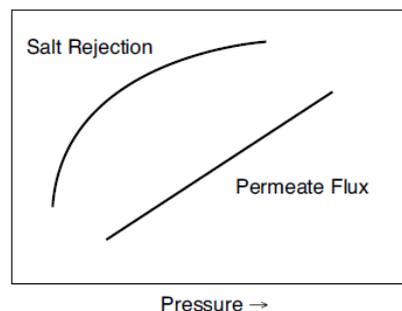


Figura 10 Efecto de aumentar la presión al agua de entrada



Capítulo 3 CÁLCULOS

3.1 BALANCE DE MASAS

3.1.1 DATOS DE PARTIDA

Como datos de partida para la realización del balance de aguas se ha tenido en cuenta las necesidades de la central de turbinas de gas y los efluentes generados que requieren tratamiento químico para ser evacuados.

3.1.1.1 Cálculos

El balance de aguas es un diagrama en el que se encuentra descrita la producción y el consumo horario de agua desmineralizada. En dicho diagrama se ha procedido a la codificación de cada una de las líneas de flujo representadas.

El documento "Balance de Aguas" se anexa al presente documento.

A continuación se van a exponer los cálculos realizados para establecer los flujos de agua en la planta de tratamiento de agua.

- Línea nº1 y 2. Las necesidades de agua desmineralizada es de $59.2 \text{ m}^3/\text{h}$ para reducir la producción de NO_x en las turbinas de gas y planta de tratamiento de fuel.
- Línea nº2: representa el agua desmineralizada necesaria para el aporte a los lechos mixtos para su regeneración. Se trata de un caudal discontinuo con un volumen de 110 m^3 cada 110 horas, resultando un caudal de $1 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Línea nº3: Línea de flujo que representa el conjunto de las necesidades de agua desmineralizada por la Central de turbinas de gas y la propia planta de tratamiento de agua

Nº de línea	Servicio	Caudal (m^3/h)
1	Agua desmineralizada para turbinas y planta de tratamiento de fuel.	59.2
2	Agua desmineralizada para regeneración de los	1



	lechos mixtos	
3	Necesidades de agua desmineralizada	60.2

- Línea nº 4,5 y 6. Estas líneas representan los flujos correspondientes a los lechos mixtos.
 - Línea nº 4: indica la producción total de agua desmineralizada de la Planta de tratamiento de agua. El agua es almacenada en un depósito para abastecer a las líneas anteriormente descritas.
 - Línea nº 5: representa el caudal requerido para la producción de 85 m³/h. Debido a que este tratamiento no tiene rechazos, el caudal de aporte ha de ser el mismo que el caudal producido. El agua tratada es agua osmotizada.
 - Línea nº6: Efluente generado al realizar al regeneración de los lechos mixtos, como se ha indicado anteriormente, se realiza cada 110 horas para el correcto funcionamiento del tratamiento. Para ser evacuado este efluente previamente ha de ser tratado en el sistema de neutralización por su naturaleza química.

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
4	Agua desmineralizada total producida	85
5	Agua osmotizada a lechos mixtos	85
6	Efluente generado en la regeneración de los lechos mixtos	1

- Línea nº 7 y 8. Estas líneas representan los flujos correspondientes al segundo paso de ósmosis inversa, cuya conversión es del 85%.
 - Línea nº 7: caudal de alimentación al segundo paso de ósmosis para producir el caudal demandado por los lechos mixtos, teniendo en cuenta la conversión del sistema.



- Línea nº 8: caudal de rechazo del segundo paso de ósmosis inversa. El contenido en sales es muy bajo por lo que es agua de buena calidad, se envía al depósito de agua filtrada que más adelante se indicará.

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
7	Agua de alimentación al segundo paso de ósmosis inversa.	100
8	Rechazo del segundo paso de ósmosis inversa	15

- Línea nº 9,10 y 11. Estas líneas representan los flujos correspondientes al primer paso de ósmosis inversa, cuya conversión es del 75%.
 - Línea nº 9: caudal producido por el primer paso de la ósmosis, posteriormente enviado al desgasificador para eliminar el CO₂ producido durante las etapas previas.
 - Línea nº 10: caudal de alimentación teniendo en cuenta el rechazo sufrido por la conversión del paso.
 - Línea nº 11: rechazo del primer paso de ósmosis, debido a su alto contenido en sales y mala calidad no es posible reutilizar este agua, se envía directamente al sistema de neutralización.

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
9	Agua alimentada al desgasificador	100
10	Agua alimentada al primer paso de ósmosis inversa	133.3
11	Rechazo del primer paso de ósmosis inversa	33.3

- Línea nº 12 y 13. Estas líneas representan los flujos correspondientes al depósito de agua filtrada. Los flujos de agua que llegan al depósito son los de la línea 12, caudal de agua tratada mediante los filtros multimedia, y de la línea 8, procedente del rechazo del segundo paso de ósmosis inversa. Desde este depósito se alimenta al primer paso de ósmosis y a las bombas para el



contralavado de los filtros multimedia cuando sea necesario, cuyo caudal se estima en un 2% del caudal tratado por los filtros.

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
12	Agua filtrada	100
13	Agua filtrada para contralavado de los filtros	2.7

- Línea nº 14 y 15. Estas líneas representan los flujos correspondientes a los filtros multimedia, filtros a presión de arena y antracita.
 - Línea nº 14: caudal demandado para alimentar al primer paso de ósmosis, teniendo en cuenta las necesidades del primer paso de ósmosis.
 - Línea nº 15: efluente generado por el contralavado de los filtros

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
14	Agua bruta de alimentación de los filtros multimedia	121
15	Efluente del contralavado de los filtros	2.7

- Línea nº 6, 11, 15, 16 y 17. Estas líneas representan los flujos efluentes de la planta que son enviados al sistema de neutralización. Dichos efluentes previa evacuación han de ser tratados debido a su naturaleza química. Proviene de los efluentes de los contralavados de los filtros multimedia (línea 15), del rechazo del primer paso de ósmosis inversa (línea 11), de la regeneración de los lechos mixtos (línea 6) y de los drenaje procedente de la central de turbinas de gas (línea 16) se produce en contadas ocasiones, por lo que no se tiene en cuenta dentro del balance.

La línea nº17 representa el caudal de agua tratada mediante la adición de ácido sulfúrico y sosa para alcanzar un pH comprendido entre 6 y 9, cumpliendo así con la normativa medioambiental del Banco Mundial.

Nº de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
6	Efluente generado en la	1



	regeneración de los lechos mixtos	
11	Rechazo del primer paso de ósmosis inversa	33.3
15	Efluente del contralavado de los filtros	2.7
16	Drenajes de caldera auxiliar	Volumen de 40m ³ (no se tiene en cuenta en el balance)
17	Efluente	37

- Línea n° 18: Esta línea representa el caudal de agua potable para abastecer a todos los servicios de agua potable tanto de la planta como la central de turbinas de gas

N° de línea	Servicio	Caudal (m ³ /h)
18	Agua potable	2.2



3.2 EQUIPOS

3.2.1 FILTROS MULTIMEDIA

Para dimensionar los filtros a presión de arena y antracita, se ha empleado el libro de Ricardo Isla de Juana, en el que se indica, como se va a explicar a continuación, qué parámetros hay que utilizar para el dimensionamiento de los filtros, y teniendo en cuenta que han de trabajar de forma continua, de forma que cuando uno de los filtros esté lavando, los otros dos darán el 100% de las necesidades, trabajando a una velocidad máxima de 15 m/h.

El sistema de filtración tiene que tratar un caudal de agua bruta de 121 m³/h, debido a lo anteriormente expuesto, cuando un filtro se encuentre en modo lavado, los otros dos deberán ser capaces de filtrar el 100% del caudal de alimentación, es por ello que cada uno se dimensiona para una caudal de 60.5m³/h. Tomando los datos de la tabla de parámetros del agua bruta (tabla 1), junto a los valores recomendados en el libro, a su vez, las curvas de la granulometría de los materiales elegidos como materiales filtrantes (arena y antracita) y los criterios básicos de diseño (velocidad máxima de filtración, se opta por un valor por debajo de límite marcado, 15m³/h)

PARÁMETROS DE PARTIDA		
1	Caudal de diseño	60,50
2	Nº unidades	1,00
3	Nº máximo de unidades lavando simultáneamente	0,00
4	Sólidos en suspensión en influente (mg/l)	25,00
5	Sólidos en suspensión en efluente (mg/l)	0,45
6	Velocidad de filtración (m ³ /m ² *h)	10,00
7	Tiempo de operación por ciclo(h)	6,00
8	m ³ de huecos por m ³ de lecho del medio 1	0,60
9	m ³ de huecos por m ³ de lecho del medio 2	0,45
10	m ³ de huecos por m ³ de lecho del medio 3	0,00
11	Contenido materia seca del sólido/flóculo retenido (kg/ m ³)	7,64
12	Máximo porcentaje de huecos a ocupar del lecho (%)	25,00
13	Profundidad del medio 1 (%)	66,67
14	Profundidad del medio 2 (%)	33,33
15	Profundidad del medio 3 (%)	
16	Profundidad del lecho adicional sobre la de cálculo (m)	0,34
17	Expansión del lecho (%)	60,00



18	Altura de resguardo de la virola (m)	0,35
19	Caudal normal por boquilla (m^3/h)	0,89
20	Pérdida de carga del medio 1 limpio (m.c.a./m profundidad)	0,20
21	Pérdida de carga del medio 2 limpio (m.c.a./m profundidad)	0,35
22	Pérdida de carga del medio 3 limpio (m.c.a./m profundidad)	
23	Pérdida de carga en la boquilla (m.c.a.)	0,50
24	Talla efectiva del medio 1 (mm)	1,08
25	Talla efectiva del medio 2 (mm)	0,52
26	Talla efectiva del medio 3 (mm)	
27	Velocidad del agua de lavado (m^3/m^2*h)	25,00
28	Velocidad del aire de lavado (m^3/m^2*h)	50,00

RESULTADO DEL CÁLCULO

29	Caudal de diseño unitario(m^3/h)	60,50
30	Sección unitaria (m^2)	6,05
31	Diámetro interior (m)	2,78
32	Velocidad de filtración con filtro/s lavando (m^3/m^2*h)	10,00
33	Volumen de agua a filtrar por ciclo y filtro (m^3)	363,00
34	Sólidos a retener por ciclo y filtro (kg)	8,91
35	Capacidad de retención de medio 1 (kg/m^3)	1,15
36	Capacidad de retención de medio 2 (kg/m^3)	0,86
37	Capacidad de retención de medio 3 (kg/m^3)	0,00
38	Capacidad media de retención del lecho (kg/m^3)	1,05
39	Volumen de lecho por filtro (m^3)	8,48
40	Altura del lecho (m)	1,75
41	Altura del medio 1 (m)	1,16
42	Altura del medio 2 (m)	0,58
43	Altura del medio 3 (m)	0,00
44	Volumen total del medio 1 (m^3)	7,04
45	Volumen total del medio 2 (m^3)	3,52
46	Volumen total del medio 3 (m^3)	0,00
47	Altura cilíndrica del filtro (m)	3,14
48	Número de boquillas por filtro	68,28
49	Número de boquillas por metro cuadrado	11,29
50	Número total del boquillas	68,28



51	Caudal máximo por boquilla (m ³ /h)	0,89
52	Pérdida de carga del lecho limpio (m.c.a)	0,44
53	Pérdida de carga del lecho+boquillas limpias (m.c.a)	0,94
54	Pérdida de carga del filtro sucio (m.c.a)	2,71

En los anexos se encuentra la hoja de datos técnicos correspondiente a los filtros.
Se ha escogido el modelo FI-C-3000

3.2.2 ÓSMOSIS INVERSA

Para el estudio del sistema de ósmosis inversa se ha empleado el programa ROSA (Reverse Osmosis System Analysis), programa gratuito proporcionado por el principal fabricante de membranas de ósmosis inversa DOW. A continuación se muestran los resultados obtenidos para 10,20 y 30°C.

Las membranas elegidas han sido el modelo de Dow Chemical FILMTEC BW30-400 para agua salobre de alta superficie, la hoja de características se encuentra en los anexos.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	133.33 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	99.99 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	133.33 m³/h	Pass 1 Recovery	75.00 %	Feed	0.36 bar
Feed Pressure	16.44 bar	Feed Temperature	10.0 C	Concentrate	1.37 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	765.79 mg/l	Average	0.87 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	126	Average NDP	13.94 bar
Total Active Area	4682.16 M²	Average Pass 1 Flux	21.36 l/mh	Power	76.12 kW
Water Classification: Well Water	SDI < 3			Specific Energy	0.76 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	14	6	133.33	16.10	0.00	63.20	14.50	70.13	22.47	0.00	0.00	3.19
2	BW30-400	7	6	63.20	14.16	0.00	33.34	12.61	29.86	19.13	0.00	0.00	6.32

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	1.88	1.88	3.96	7.48	0.01	0.02	0.01
Na	63.75	63.75	134.20	253.76	0.27	0.69	0.40
Mg	12.50	12.50	26.34	49.86	0.03	0.08	0.04
Ca	125.10	125.10	263.61	499.01	0.30	0.75	0.43
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.26	0.26	1.32	5.37	0.00	0.00	0.00
HCO3	425.00	425.00	893.56	1684.83	2.24	3.97	2.72
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	93.75	94.80	199.76	378.15	0.22	0.55	0.32
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	21.25	21.25	44.80	84.85	0.03	0.08	0.05
SiO2	21.25	21.25	44.74	84.64	0.08	0.18	0.11
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	68.89	68.88	69.34	71.06	68.37	69.41	68.70
TDS	764.74	765.79	1612.28	3047.96	3.19	6.32	4.08
pH	7.00	7.00	7.28	7.50	4.85	5.09	4.93

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	133.33 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	99.99 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	133.33 m³/h	Pass 1 Recovery	74.99 %	Feed	0.37 bar
Feed Pressure	11.16 bar	Feed Temperature	20.0 C	Concentrate	1.42 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	765.77 mg/l	Average	0.89 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	126	Average NDP	8.84 bar
Total Active Area	4682.16 M²	Average Pass 1 Flux	21.35 lmh	Power	51.69 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.52 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	14	6	133.33	10.82	0.00	61.60	9.47	71.73	22.98	0.00	0.00	5.04
2	BW30-400	7	6	61.60	9.13	0.00	33.34	7.84	28.26	18.10	0.00	0.00	12.18

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	1.88	1.88	4.05	7.45	0.02	0.04	0.02
Na	63.75	63.75	137.38	252.60	0.52	1.41	0.77
Mg	12.50	12.50	26.99	49.72	0.06	0.16	0.09
Ca	125.10	125.10	270.11	497.70	0.57	1.53	0.84
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.34	0.34	1.80	6.86	0.00	0.00	0.00
HCO3	425.00	425.00	914.62	1676.47	3.24	7.38	4.35
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	93.75	94.70	204.49	376.82	0.42	1.14	0.62
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	21.25	21.25	45.92	84.71	0.06	0.16	0.09
SiO2	21.25	21.25	45.81	84.32	0.16	0.36	0.22
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	56.99	56.98	57.62	59.74	56.69	57.97	57.09
TDS	764.82	765.77	1651.17	3036.64	5.04	12.18	7.00
pH	7.00	7.00	7.29	7.49	5.01	5.34	5.13

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	133.33 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	99.98 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	133.33 m³/h	Pass 1 Recovery	74.99 %	Feed	0.39 bar
Feed Pressure	8.04 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	1.45 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	765.76 mg/l	Average	0.92 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	126	Average NDP	5.86 bar
Total Active Area	4682.16 M²	Average Pass 1 Flux	21.35 l/mh	Power	37.23 kW
Water Classification: Well Water	SDI < 3			Specific Energy	0.37 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	14	6	133.33	7.70	0.00	59.59	6.55	73.74	23.62	0.00	0.00	8.48
2	BW30-400	7	6	59.59	6.21	0.00	33.35	5.14	26.24	16.81	0.00	0.00	23.93

Pass Streams (mg/l as Ion)								
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate			
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total	
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
K	1.88	1.88	4.17	7.38	0.03	0.09	0.04	
Na	63.75	63.75	141.47	250.54	0.95	2.82	1.44	
Mg	12.50	12.50	27.84	49.49	0.11	0.31	0.16	
Ca	125.10	125.10	278.62	495.39	1.04	3.07	1.57	
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CO3	0.41	0.41	2.37	8.26	0.00	0.00	0.00	
HCO3	425.00	425.00	942.04	1663.74	5.20	14.33	7.54	
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cl	93.75	94.61	210.75	374.74	0.76	2.29	1.16	
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SO4	21.25	21.25	47.41	84.46	0.11	0.32	0.16	
SiO2	21.25	21.25	47.19	83.75	0.29	0.71	0.40	
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CO2	50.17	50.17	51.01	53.46	50.08	51.55	50.50	
TDS	764.90	765.76	1701.85	3017.75	8.48	23.93	12.48	
pH	7.00	7.00	7.29	7.48	5.20	5.62	5.36	

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	99.99 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	84.99 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	99.99 m³/h	Pass 1 Recovery	85.00 %	Feed	0.01 bar
Feed Pressure	18.61 bar	Feed Temperature	10.0 C	Concentrate	0.06 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	16.54 mg/l	Average	0.03 bar
Chem. Dose (100% NaOH)	5.59 mg/l	Number of Elements	90	Average NDP	16.84 bar
Total Active Area	3344.40 M²	Average Pass 1 Flux	25.41 lmh	Power	64.62 kW
Water Classification: RO Per meate	SDI < 1			Specific Energy	0.76 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	10	6	99.99	18.26	0.00	41.80	16.64	58.19	26.10	0.00	0.00	0.19
2	BW30-400	5	6	41.80	16.29	0.00	15.00	15.10	26.80	24.04	0.00	0.00	0.26

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.01	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00
Na	0.40	4.02	9.60	26.69	0.01	0.03	0.02
Mg	0.04	0.04	0.10	0.27	0.00	0.00	0.00
Ca	0.43	0.43	1.03	2.86	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.01	0.05	0.38	0.00	0.00	0.00
HCO3	2.72	11.55	27.50	75.95	0.18	0.23	0.19
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.32	0.32	0.76	2.13	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.05	0.05	0.12	0.33	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.11	0.11	0.26	0.73	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	7.37	0.96	1.00	1.15	0.86	0.92	0.88
TDS	4.08	16.54	39.45	109.43	0.19	0.26	0.21
pH	5.90	7.40	7.75	8.11	5.67	5.75	5.69

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	99.99 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	85.00 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	99.99 m³/h	Pass 1 Recovery	85.01 %	Feed	0.01 bar
Feed Pressure	12.13 bar	Feed Temperature	20.0 C	Concentrate	0.09 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	23.40 mg/l	Average	0.05 bar
Chem. Dose (100% NaOH)	7.07 mg/l	Number of Elements	90	Average NDP	10.54 bar
Total Active Area	3344.40 M²	Average Pass 1 Flux	25.42 l/mh	Power	42.11 kW
Water Classification: RO Per meate SDI < 1				Specific Energy	0.50 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	10	6	99.99	11.78	0.00	41.08	10.40	58.91	26.42	0.00	0.00	0.27
2	BW30-400	5	6	41.08	10.05	0.00	14.99	9.06	26.09	23.40	0.00	0.00	0.44

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.02	0.02	0.05	0.13	0.00	0.00	0.00
Na	0.77	5.39	13.07	35.69	0.03	0.07	0.04
Mg	0.09	0.09	0.22	0.60	0.00	0.00	0.00
Ca	0.84	0.84	2.04	5.58	0.00	0.01	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.02	0.10	0.67	0.00	0.00	0.00
HCO3	4.35	16.12	38.96	105.55	0.24	0.35	0.27
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.62	0.62	1.51	4.12	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.09	0.09	0.22	0.60	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.22	0.22	0.53	1.45	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	9.63	1.10	1.15	1.39	1.00	1.09	1.03
TDS	7.00	23.40	56.71	154.42	0.27	0.44	0.32
pH	5.90	7.40	7.75	8.08	5.64	5.77	5.68

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. **DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN.** Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Project Information:

Case-specific:

System Details

Feed Flow to Stage 1	99.98 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	84.98 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	99.98 m³/h	Pass 1 Recovery	85.00 %	Feed	0.02 bar
Feed Pressure	8.35 bar	Feed Temperature	30.0 C	Concentrate	0.14 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	37.27 mg/l	Average	0.08 bar
Chem. Dose (100% NaOH)	10.47 mg/l	Number of Elements	90	Average NDP	6.90 bar
Total Active Area	3344.40 M²	Average Pass 1 Flux	25.41 lmh	Power	28.98 kW
Water Classification: RO Per neat SDI < 1				Specific Energy	0.34 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	10	6	99.98	8.00	0.00	40.16	6.82	59.82	26.83	0.00	0.00	0.48
2	BW30-400	5	6	40.16	6.47	0.00	15.00	5.63	25.16	22.57	0.00	0.00	1.01

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.04	0.04	0.10	0.26	0.00	0.00	0.00
Na	1.44	8.31	20.58	54.74	0.08	0.21	0.12
Mg	0.16	0.16	0.40	1.06	0.00	0.00	0.00
Ca	1.57	1.57	3.90	10.39	0.01	0.02	0.01
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.03	0.21	1.29	0.00	0.00	0.00
HCO3	7.54	25.43	62.68	165.29	0.38	0.74	0.48
NO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	1.16	1.16	2.88	7.69	0.01	0.02	0.01
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.16	0.16	0.40	1.06	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.40	0.40	0.99	2.62	0.01	0.02	0.01
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	14.47	1.50	1.59	2.00	1.41	1.59	1.47
TDS	12.47	37.27	92.14	244.43	0.48	1.01	0.63
pH	5.90	7.40	7.75	8.05	5.64	5.87	5.72

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.



3.2.3 BOMBAS

Para de selección de la bomba más apropiada para cada punto del proceso se tendrá en cuenta el caudal y la presión del sistema, las pérdidas de carga estimadas en función del tipo de diámetro y tipo de tubería, el fluido bombeado, el tipo de bomba, centrífuga o volumétrica necesario, el material de la voluta, la forma constructiva, los cierres mecánicos, el tipo de motor y su accionamiento, con variador o sin él.

Así para las bombas de alta presión que alcanzan presiones de 21 bares, se emplean bombas centrífugas multicelulares, situadas en línea en la instalación. El resto de bombas de agua son normalmente centrífugas de media a baja presión de hasta tres etapas.

Para las bombas dosificadoras de reactivos se emplean bombas volumétricas de desplazamiento positivo, con materiales apropiados al fluido que bombea, acero inoxidable, bronce o fundición.

Se eligen las que tienen mejor rendimiento en el punto de diseño y a partir de las curvas de cada bomba se obtendrá el diámetro más apropiado de los rodets y su rendimiento.

Para la selección de los motores se tiene en cuenta su alimentación por variador de frecuencia estableciendo las potencias máximas demandadas y el número de pares de polos del motor.

3.2.4 LECHOS MIXTOS

El objetivo de la instalación de los lechos mixtos es realizar un pulido final al agua alcanzando las calidades de conductividad, niveles de sodio, potasio y sílice exigidas.

Para lograrlo primeramente se dimensionan las resinas necesarias para eliminar todos los iones presentes en el agua. Cumpliendo con las condiciones de diseño, el tiempo entre regeneraciones ha de ser superior a cinco días por ello se propone un tiempo entre regeneraciones de 150 horas.

Del análisis del efluente del segundo paso de osmosis inversa proporcionados por la simulación del programa ROSA (ver Tabla 7), extraemos por separado los aniones y cationes, añadiendo el dióxido de carbono y el dióxido de silicio a los cationes.



Calcio	mg/l Ca ²⁺	0,01	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	0,48
Magnesio	mg/l Mg ²⁺	0	Carbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	0
Sodio	mg/l Na ⁺	0,12	Cloruros	mg/l Cl ⁻	0,01
Potasio	mg/l K ⁺	0	Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁻	0
			Nitratos	mg/l HNO ₃ ⁻	0
			Sílice	mg/l SiO ₂	0,01
			Dióxido de carbono	mg/l CO ₂	1,47

Tabla 7 Análisis agua salida del segundo paso de ósmosis inversa

Dividiendo los valores mostrados en la tabla por el peso molecular de cada uno, se realizan sumas parciales de cationes y aniones y se multiplican por el caudal a tratar y por el tiempo considerado entre regeneraciones, obteniendo así los miliequivalentes totales que han de eliminar las resinas. Ver primera fila de Tabla 8.

Según las características del agua, se ha elegido una resina aniónica fuerte y una resina catiónica fuerte y para separar ambas una resina inerte. Las resinas aniónicas y catiónicas su principal característica es la capacidad de operación dada en miliequivalentes por litro, por lo que dividiendo el total de aniones y cationes se obtiene el volumen de resina necesario para eliminar los iones presentes en el agua de entrada. Se ha tenido en cuenta un factor de diseño basado en la experiencia para mayorar el volumen en caso de que la calidad del agua a la entrada de los lechos mixtos sea peor que la considerada en este cálculo

		Resina aniónica	Resina catiónica
Total	meq	86,58	531,98
Capacidad de operación.	meq/l	0,12	0,4
Volumen resina	l	937,92	1396,44

Tabla 8 Volumen de resinas aniónicas y catiónicas

El volumen de la resina inerte se estima en un 15% del total del volumen ocupado por las resinas aniónicas y catiónicas, resultando un volumen de 360.45 litros.

Para las regeneraciones se empleará para la resina catiónica ácido sulfúrico en concentración del 5% que será introducido por la parte inferior del lecho mixto y para la resina aniónica se empleará sosa al 4% y será introducida por la parte superior.

Otro parámetro característico de las resinas es el nivel, expresado en g/l. El nivel indica el peso del químico necesario para la regeneración de un litro de resina.



H₂SO₄ para la resina aniónica y NaOH para la resina catiónica En la Tabla 9 se muestra la demanda de químicos necesaria.

La demanda es de químicos concentrados, para alcanzar las concentraciones deseadas, H₂SO₄ al 5% y NaOH al 4% hay que adicionar agua para crear la dilución a la concentración deseada.

		Resina aniónica	Resina catiónica
Volumen resina	l	937,92	1396,44
Nivel	g/l	100,00	100,00
Total	kg	93,79	139,64
Agua para dilución	m ³	1,78	3,35

Tabla 9 Demanda de químicos para regeneración

La cantidad de agua empleada durante las regeneraciones depende de si el lavado es rápido o si es lento teniendo en cuenta que para el lavado lento la cantidad de agua es del orden del 2% del caudal que tratan los lechos mixtos para la regeneración con ácido sulfúrico y para la sosa es del orden del 37%. Para el lavado rápido resultaría el volumen de agua empleada se muestra en la Tabla 10

		Resina aniónica	Resina catiónica
Lavado lento			
Consumo de agua para reg.	%	3%	5%
Volumen	m ³	2,74	4,06
Lavado rápido			
Consumo de agua para reg.	%	27%	
Volumen	m ³	22,7	

Tabla 10 Volumen de agua empleada durante regeneración

Para calcular las dimensiones necesarias del lecho mixto primeramente se dimensiona el diámetro con el caudal a tratar, en este caso 85 m³/h y la velocidad de paso considerada para realizar un correcto tratamiento del agua, en este caso 50m/h.

$$v = \frac{Q}{\pi * r^2} \rightarrow r = 750\text{mm} \rightarrow \varnothing = 1500\text{mm}$$

Con el diámetro calculado y el volumen de resinas aniónica y catiónica calculadas anteriormente, se obtiene la altura del lecho de 3.2 metros



3.2.5 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para el dimensionamiento de los tanques, según las especificaciones se establece que la capacidad de almacenamiento sea de al menos 30 días de autonomía en condiciones normales de operación.

Determinación del tamaño del depósito de agua filtrada.

Se tiene en cuenta los caudales de entrada y salida, el caudal de rechazo del segundo paso de ósmosis y la demanda de agua necesaria para contralavado de cada uno de los filtros.

Se ha estimado que los filtros se colmatan cada 30 horas, el tiempo de lavado de filtros se estima en 14 minutos por cada uno de los filtros, la obtención de agua filtrada es continua y el lavado de los filtros se realiza de manera secuencial con estas consideraciones resulta:

$$\text{Caudal}_{\text{contralavado}} \times t_{\text{lavado/filtro}} \times n^{\circ} \text{ filtros} = \text{Vol. depósito.}$$

$$163 \text{ m}^3/\text{h} \times 11 \text{ min} \times 3 \text{ filtros} = \text{Vol. depósito.}$$

$$\text{Vol. depósito.} = 89,65 \text{ m}^3, \text{ tomamos } 100 \text{ m}^3 \text{ de volumen de agua filtrada.}$$

Análogamente se realiza un balance de aguas para el resto de depósitos.

Determinación del tamaño de los depósitos de reactivos químicos

Se considera un volumen de almacenamiento mínimo de 30 días de reserva, teniendo en cuenta las necesidades de la planta y capacidad de los camiones de suministro con la subdivisión que normalmente disponen.

	Densidad kg/m ³	Dosificación kg/año	Dosificación kg/30 día	m ³ depósito
ÁCIDO SULFÚRICO	1.840	11.674	975,47	0,53
BISULFITO SÓDICO	1.480	5.274	440,73	0,30
COAGULANTE	2.900	2.672	223,30	0,08
DISPERSANTE	1.150	914	76,39	0,07
HIPOCLORITO SÓDICO	1.100	17.581	1469,08	1,34
SOSA	2.130	29.887	2497,44	1,17

Considerando una selección homogénea de depósitos, y teniendo en cuenta que el dispersante es un material sintético y su corto ciclo de vida se establece:



	m ³ depósito	Material
ÁCIDO SULFÚRICO	5	P.R.F.V.
BISULFITO SÓDICO	2,5	P.R.F.V.
COAGULANTE	2	P.R.F.V.
DISPERSANTE	0,5	P.R.F.V.
HIPOCLORITO SÓDICO	2,5	Acero al carbono
SOSA	5	P.E.H.D.

P.R.F.V Plástico reforzado de fibra de vidrio.

P.E.H.D. Polietileno de alta densidad.

3.3 SISTEMA ELÉCTRICO

3.3.1 FÓRMULAS UTILIZADAS

3.3.1.1 Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- U_f: Tensión simple en V



- U_1 : Tensión compuesta en V
- $\cos(\phi)$: Factor de potencia

3.3.1.2 Caída de tensión

Las caídas de tensión son:

- Línea general de alimentación: 0,5%
- Derivación individual: 1%

Para cualquier circuito interior, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con la derivación individual, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4% de la tensión nominal.

En circuitos interiores, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. Caída de tensión en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. Caída de tensión en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:



$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

3.3.1.3 Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- U_l : Tensión compuesta en V
- U_f : Tensión simple en V
- Z_t : Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:



$$Z_i = \sqrt{R_i^2 + X_i^2}$$

Siendo:

- $R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$

para $0,01 \leq t \leq 0,1$ s, y donde:

- I : Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t : Tiempo de desconexión en s.
- C : Constante que depende del tipo de material.
- ΔT : Incremento de temperatura máxima del cable en °C.
- S : Sección en mm^2

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.



3.3.2 CÁLCULOS

3.3.2.1 Sección de las líneas

Las líneas se dimensionan teniendo en cuenta la caída de tensión en su extremo con las intensidades que circulan y se comprueba que todas ellas cumplen lo siguiente:

Caída de tensión:

- Circuitos interiores en planta:
3% de la tensión nominal.
- Resto de Circuitos interiores:
3% para circuitos de alumbrado.
5% para el resto de circuitos.

Caída de tensión acumulada:

- Circuitos interiores en planta:
4% de la tensión nominal.
- Resto Circuitos interiores:
4% para circuitos de alumbrado.
6% para el resto de circuitos.

I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Como ejemplo, los resultados obtenidos para la caída de tensión en las líneas generales de alimentación de las bombas de agua de alta presión RO1, se resumen en la siguiente tabla:

Líneas generales de alimentación. L.G.A.

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	L (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Bombas de agua alta presión RO1	T	180.00	0.85	1.0	RZ1 0.6/1 kV 3 x 185 + 2G 95	450.0	305.7	0.01	0.01

Análogamente, para las derivaciones individuales de cada línea se comprueban las intensidades nominal, admisible por cable y caída de tensión acumulada en cada Como ejemplo, en la línea bombas de agua tratada línea resultando:



Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	L (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum(%)
Bombas de agua bruta	T	17.55	0.85	20.0	RZ1 0.6/1 kV 5 G 16	86.0	29.8	0.32	0.36

Análogamente para el cuadro de planta que alimenta el alumbrado general de la misma y teniendo en cuenta cada uno de sus esquemas se comprueban las caídas de tensión en cada punto y acumulada, como ejemplo:

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	L (m)	Línea	Iz (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum(%)
Alumbrado de planta	T	16.20	0.90	Puente	H07Z1 5 G 6	32.0	26.0	0.02	0.09

3.3.2.2 Cálculo de las protecciones

Las líneas tienen que estar protegidas contra sobrecargas y al cortocircuito.

Protección a sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.



Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

Para $I_{cc \text{ máx}}$: $T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$

Para $I_{cc \text{ mín}}$: $T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

A modo de ejemplo se da el resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación en el cuadro general de protección para las cuatro líneas, así se comprueban a sobrecarga y a cortocircuito el resto

Sobrecarga:

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Bombas de agua alta presión RO1	180.00	T	305.7	IEC60269 gL/gG In: 400 A; Un: 400 V; I _{cu} : 100 kA; Tipo gL/gG	450.0	640.0	652.5



Cortocircuito:

Esquemas	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Bombas de agua alta presión RO1	IEC60269 gL/gG In: 400 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG	100.0	100.0	12.0 4.0	4.86 >= 5	0.02 1.33

3.3.2.3 Cálculos de puesta a tierra

Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalará un conductor de cobre desnudo de 35 milímetros cuadrados de sección en anillo perimetral, embebido en la cimentación del edificio, con una longitud (L) de 140 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$A = \frac{2 * r_0}{L} = \frac{2 * 50}{140} = 0.72$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

Según la instrucción 24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, para el sistema de protección contra contactos indirectos, mediante la puesta de las masas a tierra y el empleo de interruptores diferenciales, el valor de la resistencia de puesta a tierra garantizará que en caso de defecto no se alcance la tensión de contacto límite convencional sin que actúe la protección diferencial.



Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ω

Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$

Se comprueba que todos los diferenciales adoptados realizan la protección contra contactos indirectos con las sensibilidades de 30 y 300 mA, la intensidad de defecto calculada resulta de 28.86 A.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Como ejemplo, para la Línea bombas de agua alta presión RO1

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	In disparo (A)	Ifugas (A)
Bomba de alta presión RO1-2y RO1-2	T	339.6	ABB RD1 Hasta 1000 A Instantáneos In: 1000 A; Un: 415 V; Id: 30 mA; (I)	0.015	0.000



3.4 EDIFICIO

Para el cálculo de la estructura se ha empleado el programa CYPE Nuevo metal 3D. A continuación se muestra la comprobación detallada para un pilar, y la tabla resumen de las comprobaciones para una viga, una placa de anclaje, una zapata y una viga de atado.

3.4.1 PILAR

3.4.1.1 Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_v (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: <i>E</i> : Módulo de elasticidad <i>ν</i> : Módulo de Poisson <i>G</i> : Módulo de cortadura <i>f_v</i> : Límite elástico <i>α_t</i> : Coeficiente de dilatación <i>γ</i> : Peso específico							

3.4.1.2 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	L_{bSup} (m)	L_{bInf} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N67/N214	N67/N68	2xUPN 280([]) (UPN)	-	6.890	0.110	0.70	0.70	7.000	7.000
Notación: <i>Ni</i> : Nudo inicial <i>Nf</i> : Nudo final <i>β_{xy}</i> : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' <i>β_{xz}</i> : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' <i>L_{bSup}</i> : Separación entre arriostramientos del ala superior <i>L_{bInf}</i> : Separación entre arriostramientos del ala inferior											

3.4.1.3 Características mecánicas

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	UPN 280, Doble en cajón soldado, (UPN) Cordón continuo	106.60	42.75	45.00	12560.00	5976.72	11863.31



Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
<i>Notación:</i> Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

3.4.1.4 Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N67/N68	2xUPN 280([]) (UPN)	8.000	0.085	669.45
<i>Notación:</i> Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final						

3.4.1.5 Cargas

Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.



Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N67/N214	Peso propio	Uniforme	0.821	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N67/N214	V 1	Uniforme	2.500	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N67/N214	V 2	Uniforme	4.000	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000

3.4.1.6 Resultados

3.4.1.6.1 Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

3.4.1.6.2 Resistencia

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \leq 100$ %.



Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N67/N214	65.54	0.000	-50.275	9.584	-47.533	-3.30	-124.78	36.10	GV	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio												
R. req. ⁽¹⁾ : R 15												
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos p \acute{e} simos						Origen	Rev. mín. nec. ⁽²⁾ Pint. intumescente ⁽³⁾ (mm)	Temperatura ⁽⁴⁾ (°C)	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)				
N67/N214	19.40	0.000	-35.835	-0.002	-17.310	-0.01	-45.66	-0.01	GV	No es necesario	451	Cumple

Notas:
⁽¹⁾ Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).
⁽²⁾ Espesor de revestimiento mínimo necesario.
⁽³⁾ Pintura intumescente
⁽⁴⁾ Temperatura alcanzada por el perfil con el revestimiento indicado, en el tiempo especificado de resistencia al fuego.

3.4.1.6.3 Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor p \acute{e} simo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
N67/N68	6.029	3.12	5.598	4.14	6.029	6.15	6.029	4.53	
	6.029	L/(>1000)	5.598	L/(>1000)	6.029	L/(>1000)	5.167	L/(>1000)	

3.4.1.7 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N67/N214

Perfil: UPN 280, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)
Material: Acero (S275)



Perfil: UPN 280, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	N67	N214	7.000	106.60	12560.00	5976.72	11863.31
	<i>Notas:</i> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.70		0.70		1.00	1.00
	L_K	4.900		4.900		7.000	7.000
	C_m	1.000		1.000		1.000	1.000
	C_1	-			1.000		
<i>Notación:</i> β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 15 Factor de forma: 87.85 m-1 Temperatura máx. de la barra: 451.0 °C Pintura intumescente: No es necesario							



3.1.5.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$			
N67/N214	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 44.6$	x: 0 m $\eta = 31.9$	x: 0 m $\eta = 6.3$	$\eta = 1.9$		$\eta < 0.1$		$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 65.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.7$	$\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.5$
<p><i>Notación:</i> $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>																		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p>																		
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado		
	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$					
N67/N214	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 17.5$	x: 0 m $\eta = 11.4$	x: 0 m $\eta = 2.5$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$		$\eta < 0.1$		x: 0 m $\eta = 19.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	$\eta = 0.4$	$\eta = 0.7$	CUMPLE $\eta = 19.4$		
<p><i>Notación:</i> N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>																		
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p>																		



3.4.2 VIGA

3.4.2.1 Descripción

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup.} (m)	Lb _{inf.} (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N214/N213	N199/N200	IPE 220 (IPE)	0.095	4.810	0.095	0.00	0.00	5.000	5.000
Notación: <i>Ni: Nudo inicial</i> <i>Nf: Nudo final</i> <i>β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</i> <i>β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</i> <i>Lb_{sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior</i> <i>Lb_{inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior</i>											

3.4.2.2 Características mecánicas

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A _{vy} (cm ²)	A _{vz} (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 220, (IPE)	33.40	15.18	10.70	2772.00	204.90	9.07
Notación: <i>Ref.: Referencia</i> <i>A: Área de la sección transversal</i> <i>A_{vy}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'</i> <i>A_{vz}: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'</i> <i>I_{yy}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'</i> <i>I_{zz}: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'</i> <i>I_t: Inercia a torsión</i> <i>Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</i>									

3.4.2.3 Cargas

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N214/N213	Peso propio	Uniforme	0.257	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



3.4.2.4 Resultados

3.4.2.5 Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Perfil: IPE 220 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	N214	N213	5.000	33.40	2772.00	204.90	9.07
	<i>Notas:</i> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.00	0.00	1.00	1.00		
	L_k	0.000	0.000	5.000	5.000		
	C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C_1	-		1.000			
<i>Notación:</i> β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 15							
Factor de forma: 270.18 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 477.5 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Se realizan las mismas comprobaciones que en el pilar.



3.1.5.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N214/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 2.8$	x: 0.095 m $\eta = 70.1$	x: 4.905 m $\eta = 14.4$	x: 0.095 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	x: 0.095 m $\eta < 0.1$	x: 4.905 m $\eta = 80.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 80.0$
<p><i>Notación:</i> $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>																
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
N214/N213	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.3$	x: 0.095 m $\eta = 41.4$	x: 4.905 m $\eta = 5.5$	x: 0.095 m $\eta = 2.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.095 m $\eta < 0.1$	x: 4.905 m $\eta = 45.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 45.1$
<p><i>Notación:</i> N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>																
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																



3.4.3 PLACAS DE ANCLAJE

3.4.3.1 Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N111	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: 2(150x20x7.0) Paralelos Y: 2(150x20x7.0)	8Ø25 mm L=60 cm Prolongación recta

3.4.3.2 Comprobación de las placas de anclaje

Referencia: N111 -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 30 mm -Pernos: 8Ø25 mm L=60 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(150x20x7.0) Paralelos Y: 2(150x20x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 49.1 Calculado: 49.9	Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 30 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 128.22 kN Calculado: 107.56 kN Máximo: 89.75 kN Calculado: 8.11 kN Máximo: 128.22 kN Calculado: 119.14 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 157.12 kN Calculado: 100.52 kN	Cumple



Referencia: N111 -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 30 mm -Pernos: 8Ø25 mm L=60 cm Prolongación recta -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(150x20x7.0) Paralelos Y: 2(150x20x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 205.858 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 412.5 kN Calculado: 7.56 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 117.578 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 118.29 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 183.206 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 176.331 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 8832.2	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 8897.47	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4987.7	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5596.08	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 231.861 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.4.4 ZAPATA

Referencia: N1 Dimensiones: 265 x 265 x 80 Armados: Xi:Ø16c/27 Yi:Ø16c/27 Xs:Ø16c/27 Ys:Ø16c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0394362 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0327654 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.107027 MPa	Cumple



Referencia: N1		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/27 Yi:Ø16c/27 Xs:Ø16c/27 Ys:Ø16c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 12.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 137.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 133.10 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 55.35 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 143.13 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 38.75 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 81.8 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N1:	Mínimo: 70 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple



Referencia: N1		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/27 Yi:Ø16c/27 Xs:Ø16c/27 Ys:Ø16c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.24		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.10		



Referencia: N1		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/27 Yi:Ø16c/27 Xs:Ø16c/27 Ys:Ø16c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 913.11 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 913.11 kN		

3.4.5 VIGA DE ATADO

Referencia: C.1 [N23-N1] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		



BIBLIOGRAFÍA

Tibaquirá, J.E, Burbano,J.C. Técnicas para controlar las emisiones de NOx en turbinas de gas

Manual técnico del agua. Dégremon

Proyectos de plantas de tratamiento de aguas. Aguas de proceso, residuales y de refrigeración por Ricardo Isla de Juana. Bellisco Ediciones

Manual de ósmosis inversa DOW

Manual de las aguas residuales industriales por Mariano Seoáñez Calvo. Mc Graw Hill

Wastewater Engineering Treatment and reuse. Metcalf & EDDY

PUROPACK: packed bed technology. Purolite.

Veolia Water Technologies, www.veoliawatertechnologies.es

Gedar<http://www.gedar.com/industriales/filtracion-industrial/filtro-arena-industrial.htm>

Purolite, www.purolite.com

Lenntech, <http://www.lenntech.es/>



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Parte II PLANOS

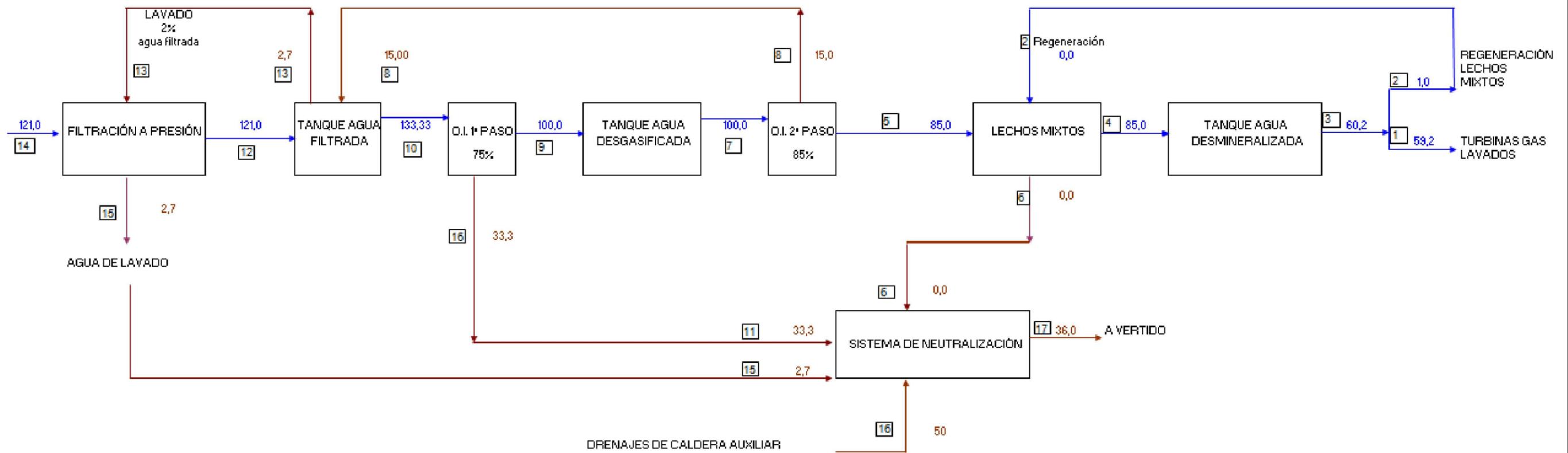


Índice de planos

<i>Balance de masas</i>	5
<i>Sistema de tratamiento de agua</i>	7
1. Sistema de filtración	8
2. Sistema de ósmosis inversa primer paso	9
3. Sistema de ósmosis inversa segundo paso	10
4. Sistema de desmineralización	11
5. Sistema de neutralización	12
6. Flushing	13
7. Modelo sistema de reactivos. Dispersante	14
<i>Estructura</i>	15
1. Estructura metálica	16
2. Replanteo de zapatas	17
3. Implantación equipos en planta	18
<i>Sistema eléctrico</i>	19
1. Alimentación a bombas de alta presión	20
2. Alimentación a bombas	21
3. Soplantes, sistema de dosificación y alumbrado y fuerza planta	22
4. Alumbrado sobre planta	23



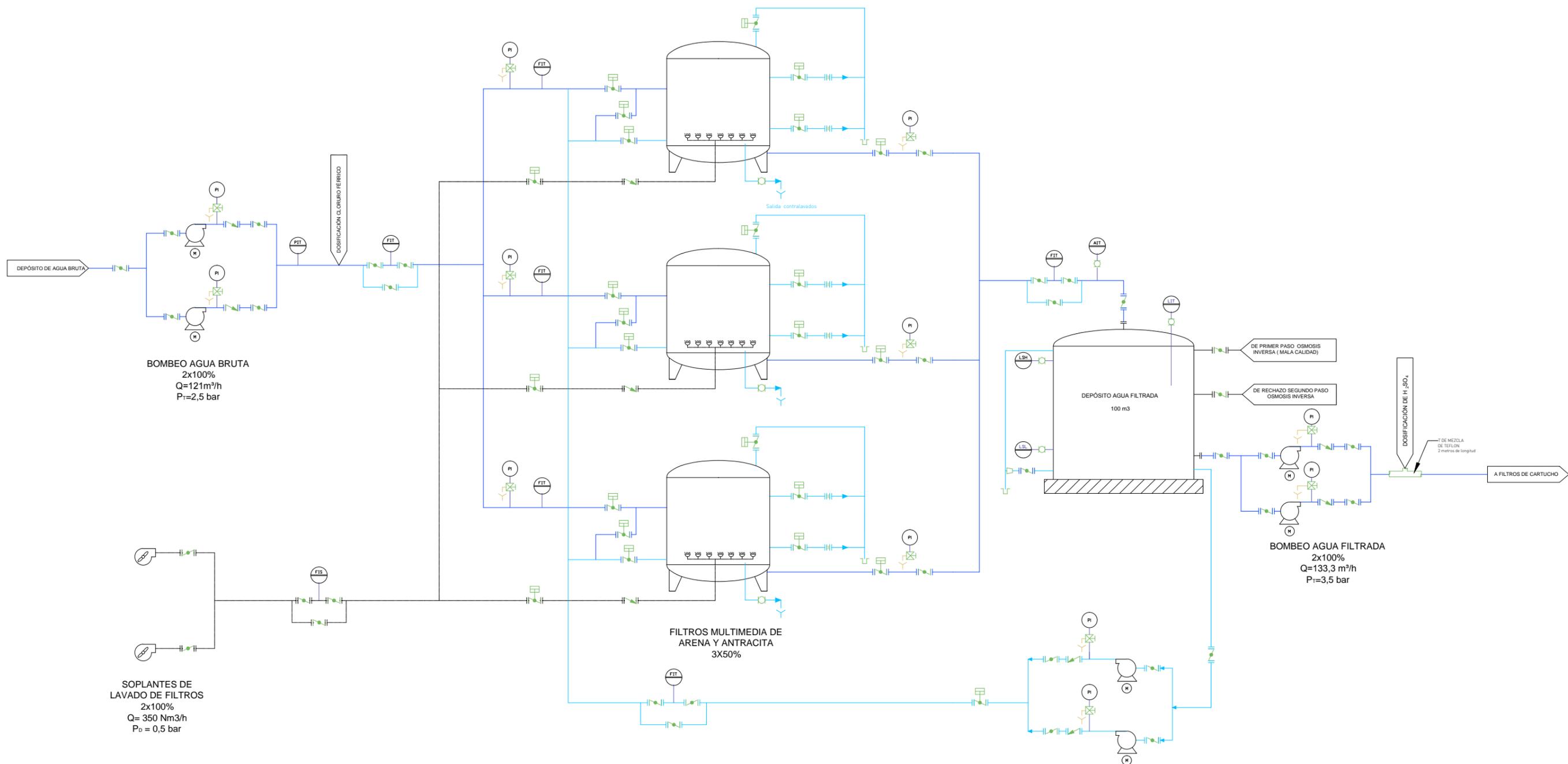
1. BALANCE DE MASAS



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Balance de masas		Escala: S/E
		N° 1



2. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA



NOTA: RED DE DRENAJE QUÍMICO

BOMBEO AGUA DE LAVADO
2x100%
Q=165,25 m³/h
Pr=2,5 bar

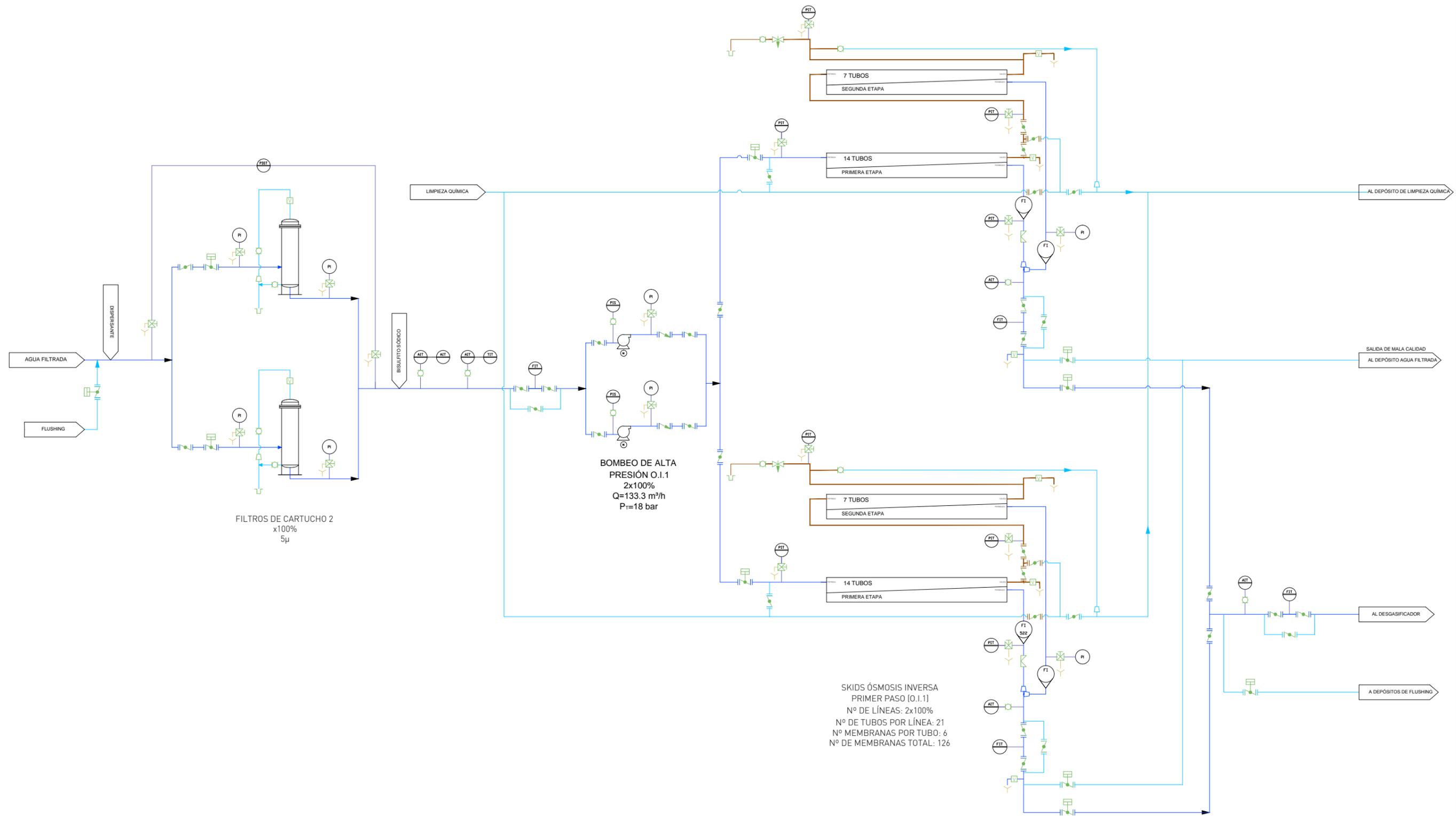
SOPLANTE DE LAVADO DE FILTROS
2x100%
Q= 350 Nm³/h
Pd = 0,5 bar

BOMBEO AGUA BRUTA
2x100%
Q=121m³/h
Pr=2,5 bar

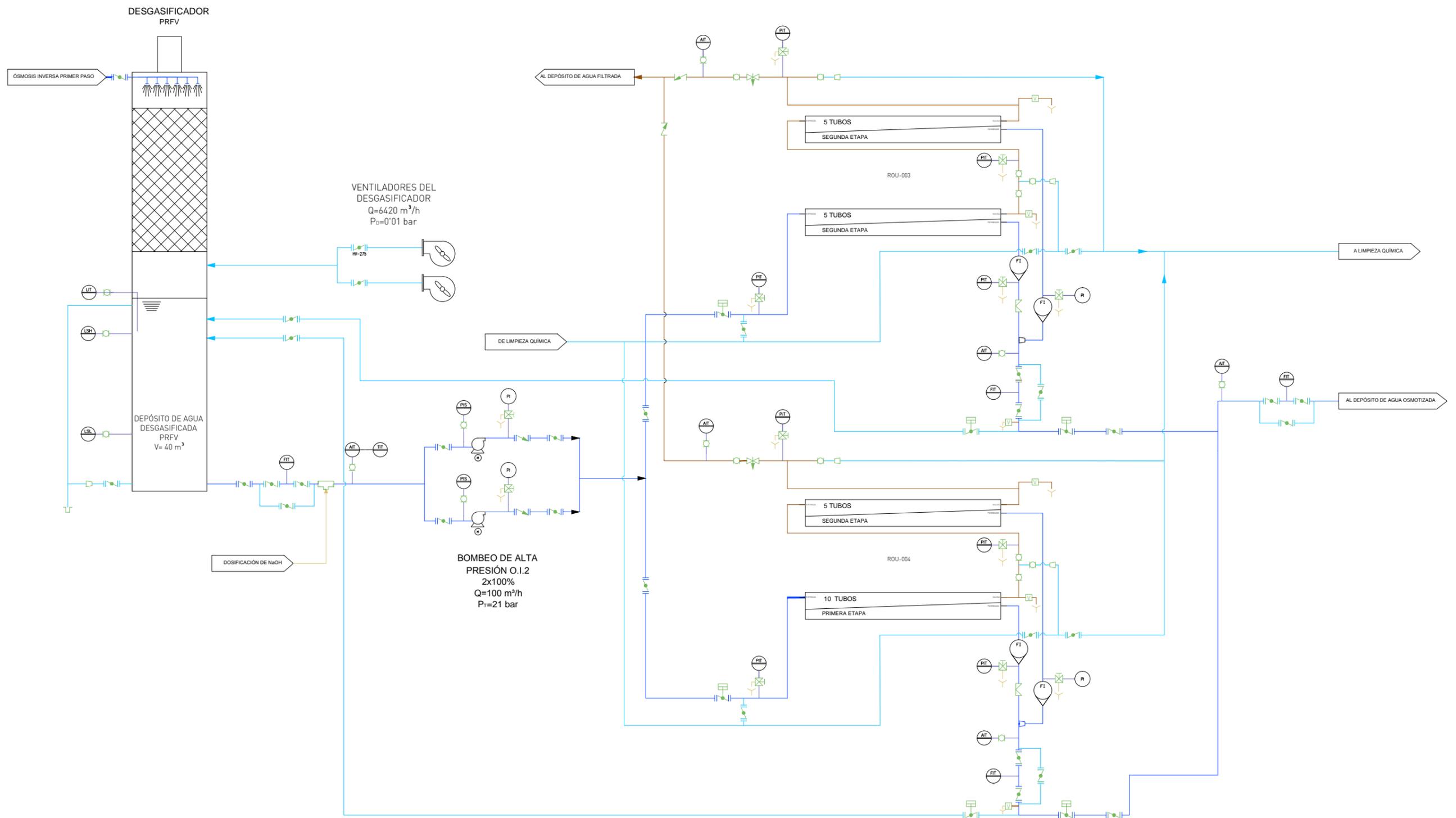
BOMBEO AGUA FILTRADA
2x100%
Q=133,3 m³/h
Pr=3,5 bar

E.T.S Ingenieros Industriales ICAI	
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas	
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:
Título: Sistema de filtración	

 Universidad Pontificia de Comillas	Fecha: 1/06/2015
	Escala: S/E
Nº	1



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Primer paso de ósmosis inversa		Escala: S/E
		Nº 2

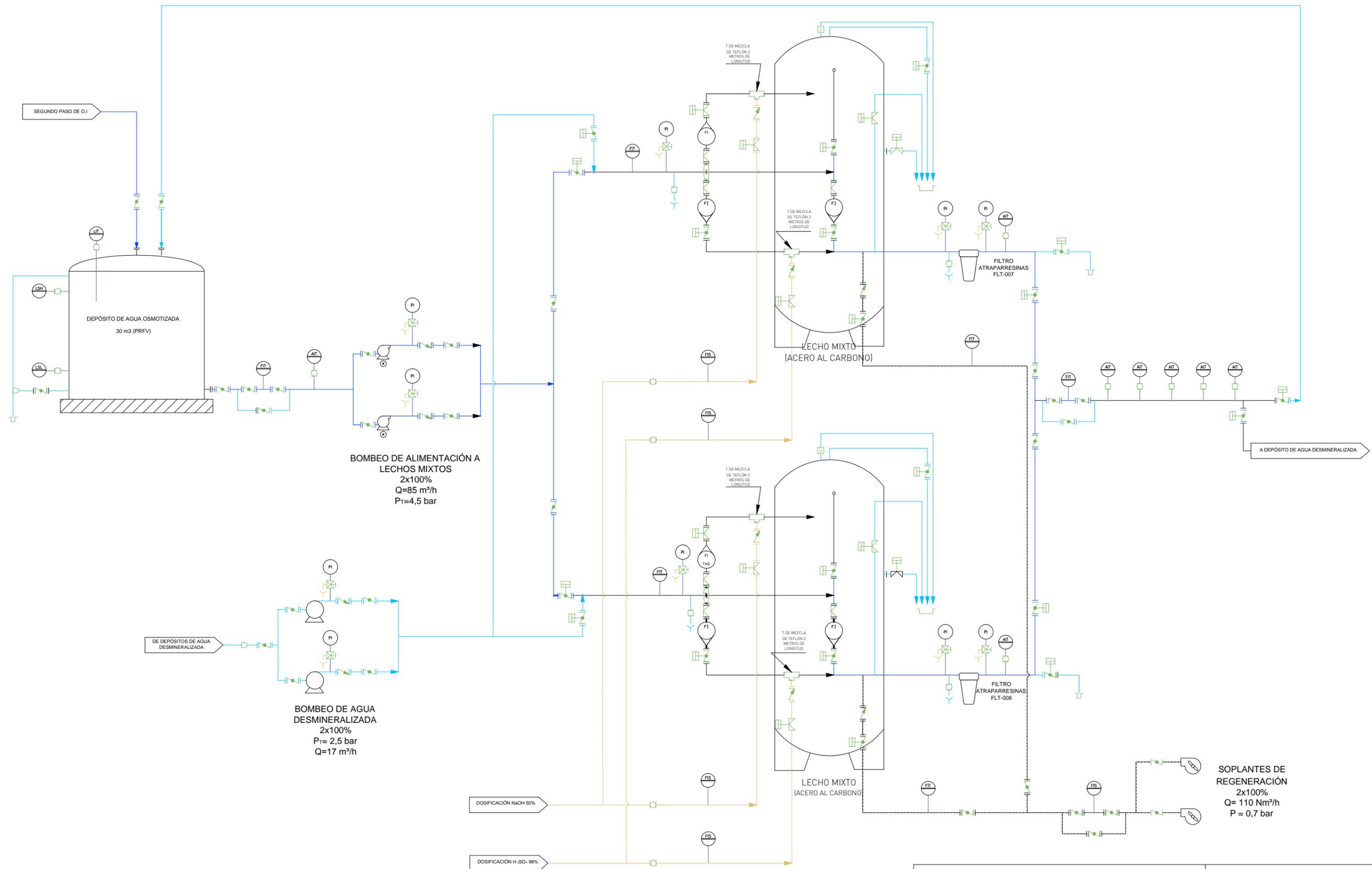


VENTILADORES DEL
DESGASIFICADOR
Q=6420 m³/h
P₀=0'01 bar

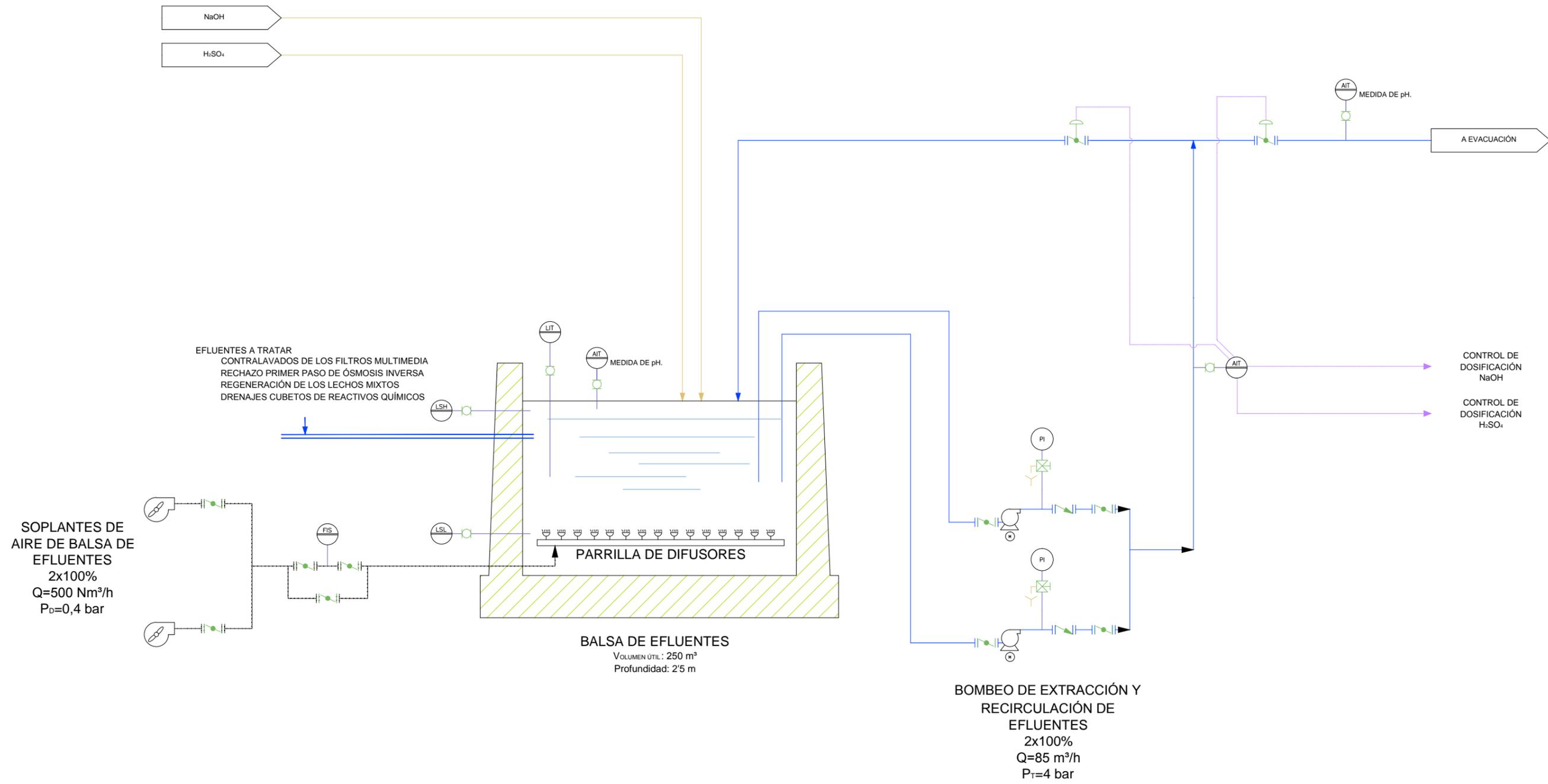
BOMBEO DE ALTA
PRESIÓN O.1.2
2x100%
Q=100 m³/h
Pr=21 bar

SKIDS ÓSMOSIS INVERSA
SEGUNDO PASO (0.1.2)
Nº DE LÍNEAS: 2x100%
Nº DE TUBOS POR LÍNEA: 15
Nº DE MEMBRANAS POR TUBO: 6
Nº DE MEMBRANAS TOTAL: 90

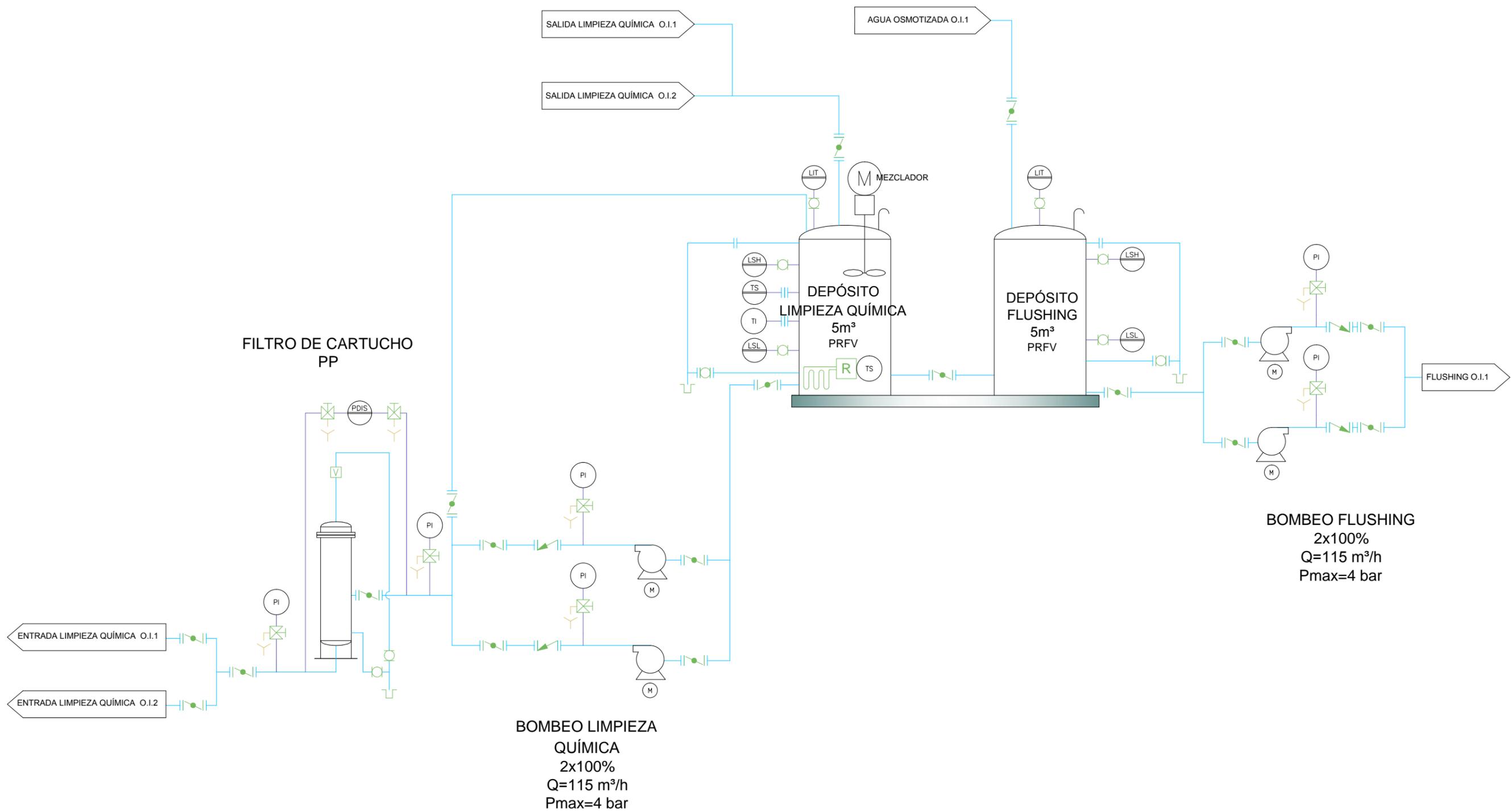
E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Segundo paso de ósmosis inversa		Escala: S/E
		Nº 3



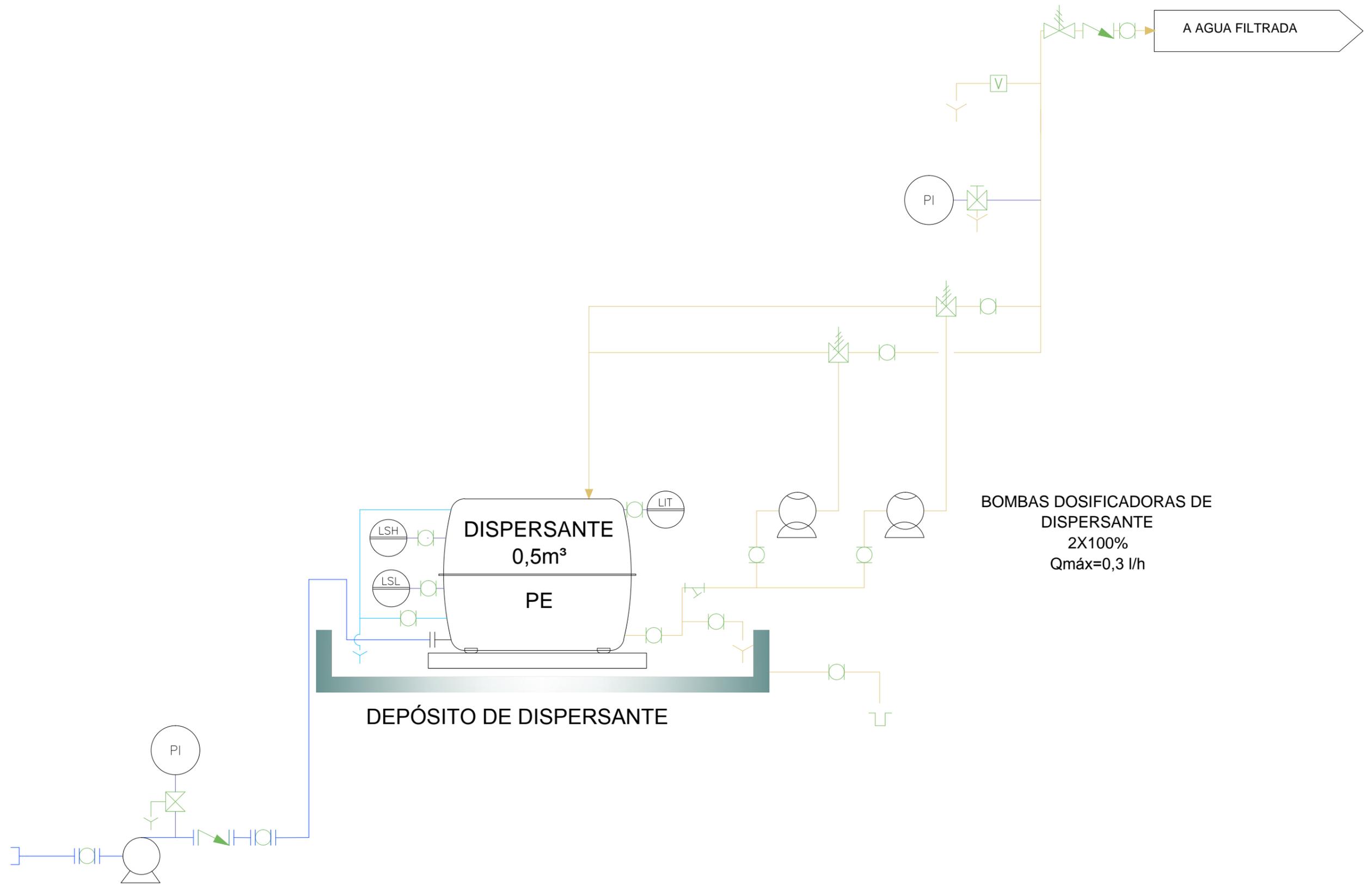
E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Sistema de desmineralización		Escala: S/E
		Nº 4



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Sistema de neutralización		Escala: S/E
		Nº 5



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
<i>Autor:</i> María Cristina Martínez Grau	<i>Firma:</i>	<i>Fecha:</i> 1/06/2015
<i>Título:</i> Limpieza química y flushing		<i>Escala:</i> S/E
		<i>Nº</i> 6



BOMBA DE CARGA
 1X100%
 Q=1m³/h
 Pt=0,5 bar

DEPÓSITO DE DISPERSANTE

DISPERSANTE
 0,5m³
 PE

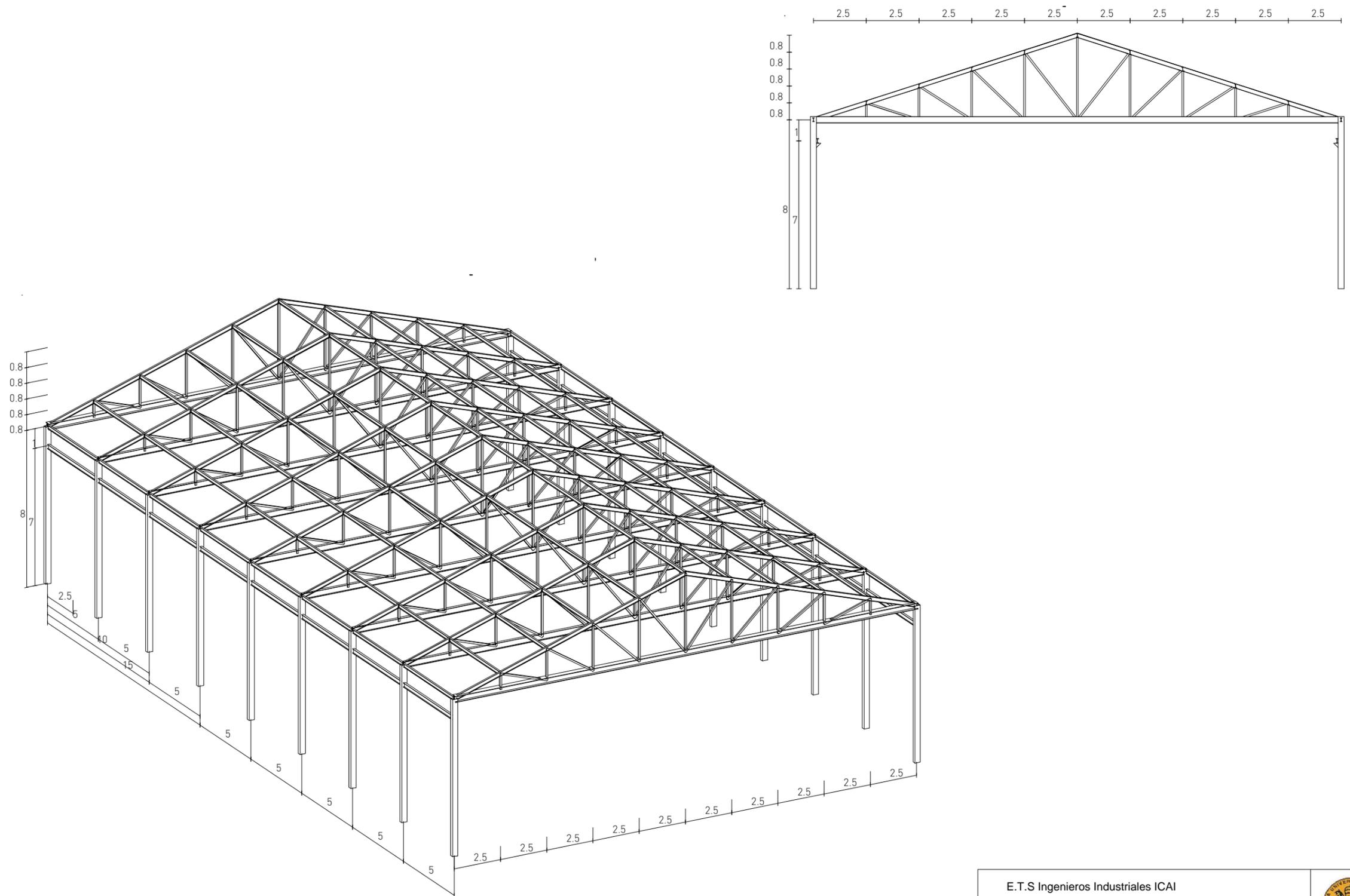
BOMBAS DOSIFICADORAS DE DISPERSANTE
 2X100%
 Q_{máx}=0,3 l/h

A AGUA FILTRADA

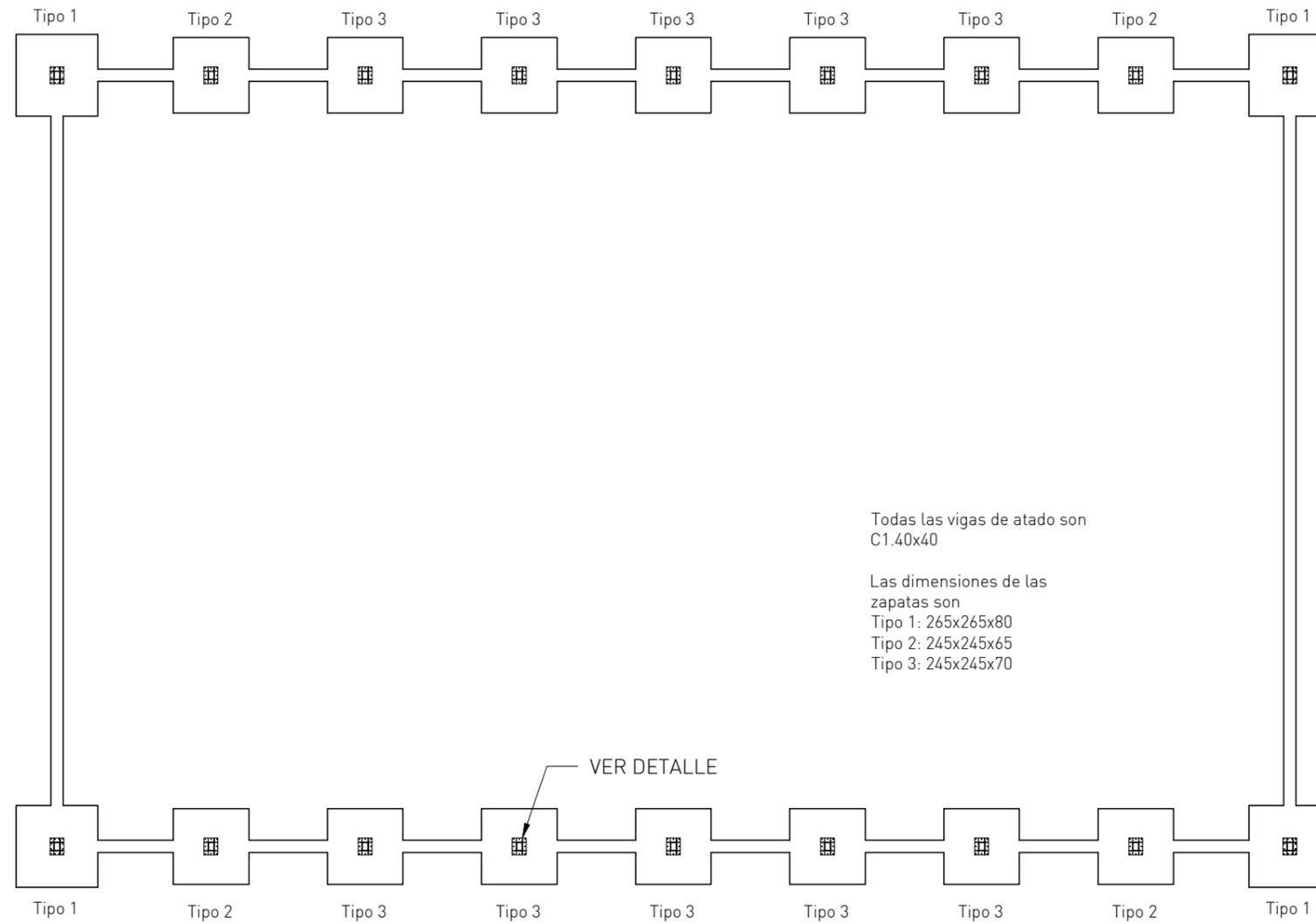
E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
<i>Autor:</i> María Cristina Martínez Grau	<i>Firma:</i>	<i>Fecha:</i> 1/06/2015
<i>Título:</i> Modelo sistema de reactivos. Dispersante		<i>Escala:</i> S/E
		<i>Nº</i> 7



3. ESTRUCTURA

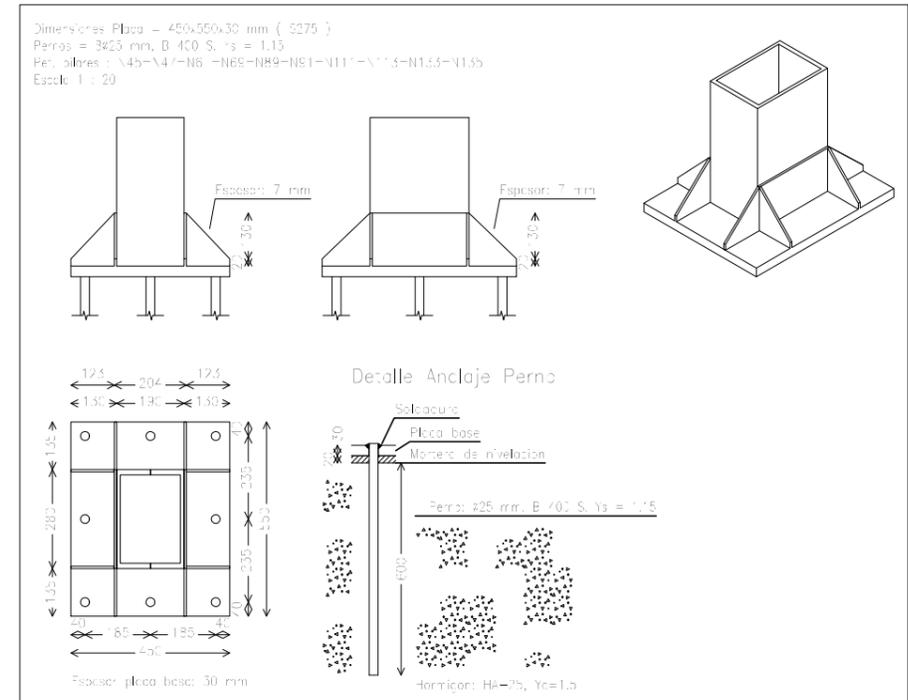


E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
<i>Autor:</i> María Cristina Martínez Grau	<i>Firma:</i>	<i>Fecha:</i> 1/06/2015
<i>Título:</i> Estructura edificio		<i>Escala:</i> 1:200
		<i>Nº</i> 1

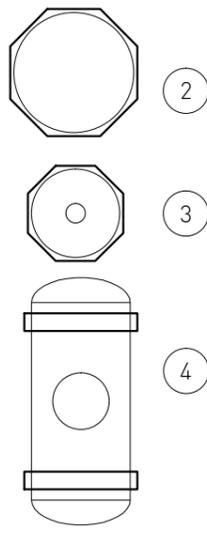
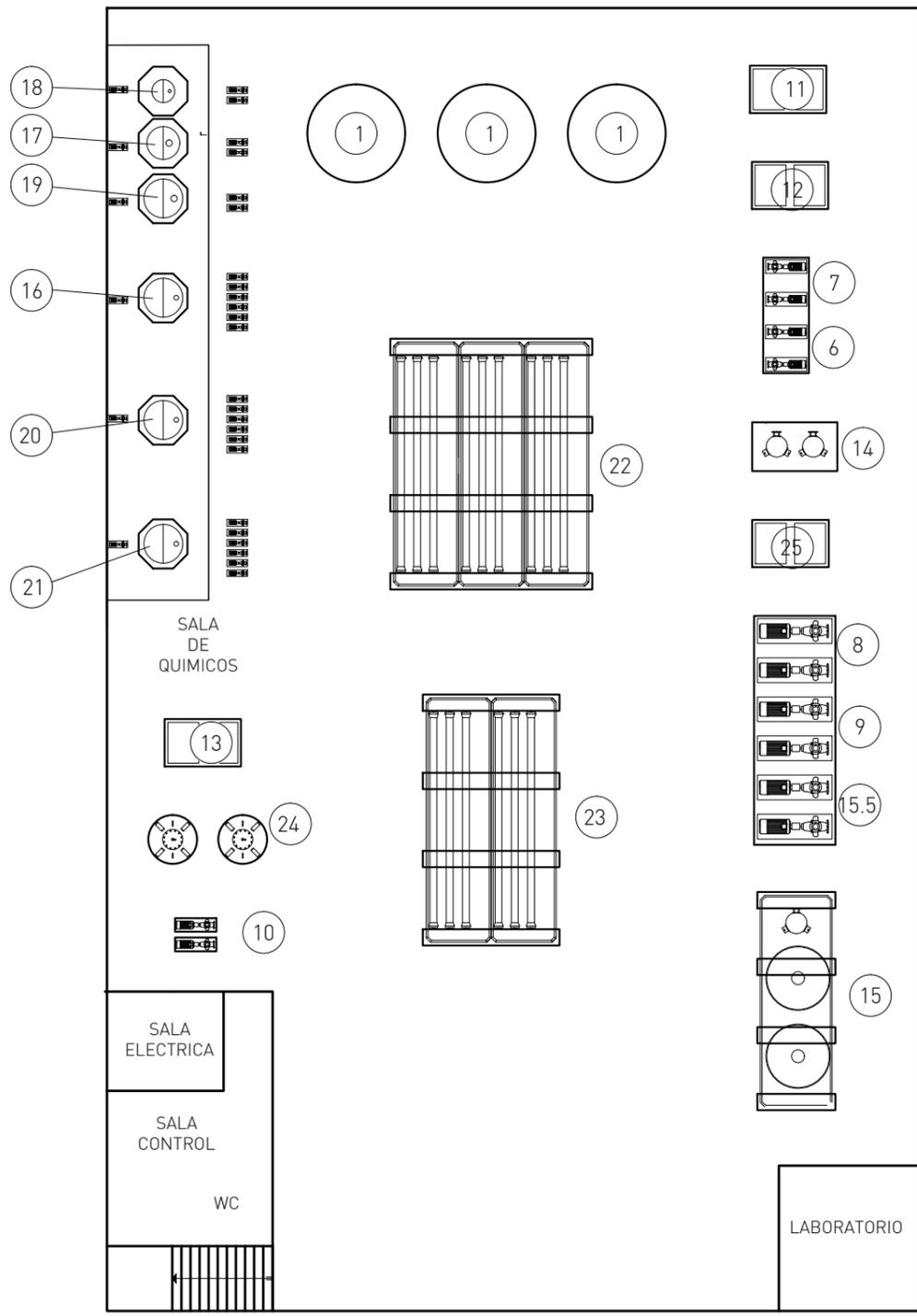


Todas las vigas de atado son C1.40x40

Las dimensiones de las zapatas son
 Tipo 1: 265x265x80
 Tipo 2: 245x245x65
 Tipo 3: 245x245x70



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Replanteo de zapatas		Escala: 1:200
		Nº 2



Nota: Las dosificaciones de químicos están dotadas de:
 1 bomba de carga
 2 bombas por cada sistema al que dosifiquen

EQUIPOS	
ITEM	DENOMINACION
01	FILTROS FLA-300
02	TANQUE AGUA FILTRADA 100m ³
03	TANQUE AGUA OSMOTIZADA 30m ³
04	DESGASIFICADOR
05	BOMBA DE AGUA BRUTA
06	BOMBA DE LAVADO DE FILTROS
07	BOMBA DE AGUA FILTRADA
08	BOMBA DE ALTA PRESION RO 1
09	BOMBA DE ALTA PRESION RO 2
10	BOMBA A LECHOS MIXTOS
11	SOPLANTE LAVADO DE FILTROS
12	SOPLANTE REJILLA Balsa de EFLUENTES
13	SOPLANTE DE LECHOS MIXTOS
14	FILTROS DE CARTUCHOS DE OSMOSIS
15.5	SKID LIMPIEZA QUIMICA Y FLUSHING
16	DOSIFICACION DE NaOCl (2,5m ³)
17	DOSIFICACION DE COAGULANTE (2 m ³)
18	DOSIFICACION DE ANTI-INCRUSTANTE (0,5m ³)
19	DOSIFICACION DE REDUCTOR (2,5 m ³)
20	DOSIFICACION DE NaOH (5m ³)
21	DOSIFICACION DE H2SO4 (5m ³)
22	SKID RO 1
23	SKID RO 2
24	LECHO MIXTO
25	SOPLANTE DESGASIFICADOR

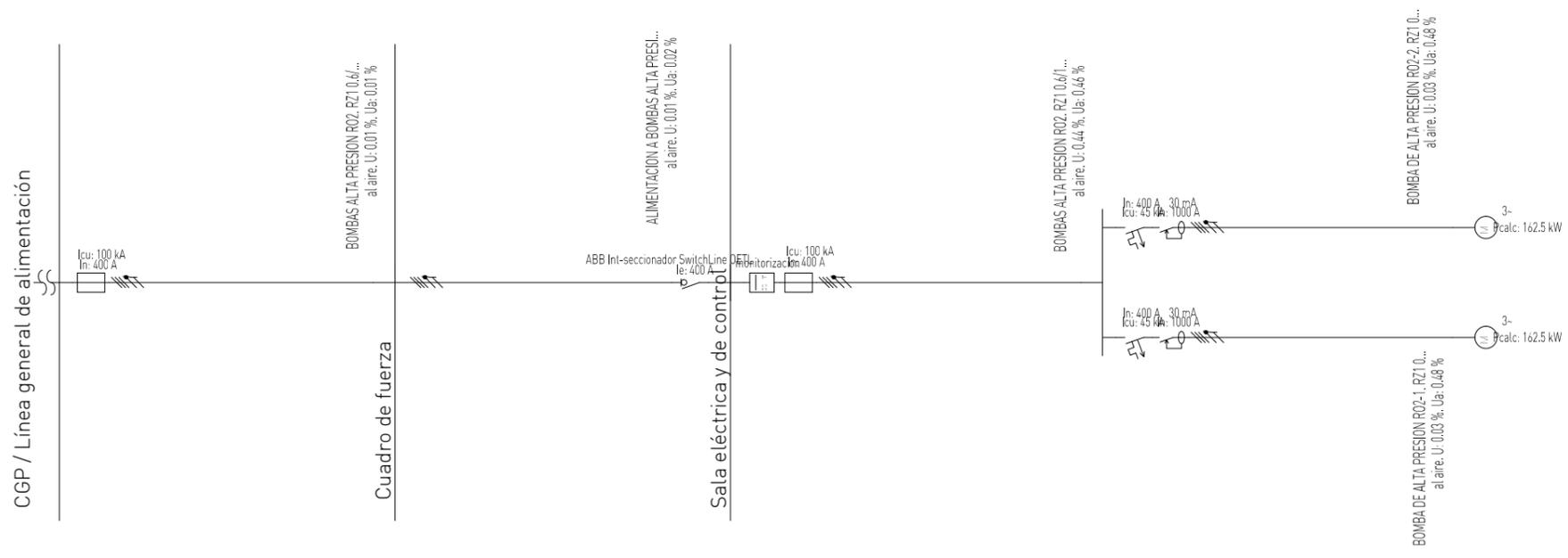
E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
<i>Autor:</i> María Cristina Martínez Grau	<i>Firma:</i>	<i>Fecha:</i> 1/06/2015
<i>Título:</i> Implantación de equipos en planta		<i>Escala:</i> 1:200
		<i>Nº</i> 3



4. SISTEMA ELÉCTRICO

Esquema eléctrico: BOMBAS DE AGUA ALTA PRESION RO1
ALIMENTACION A EQUIPOS EN CENTRAL
Potencia demandada: 160 kW

Esquema eléctrico: BOMBAS DE AGUA ALTA PRESION RO2
ALIMENTACION A EQUIPOS EN CENTRAL
Potencia demandada: 130 kW

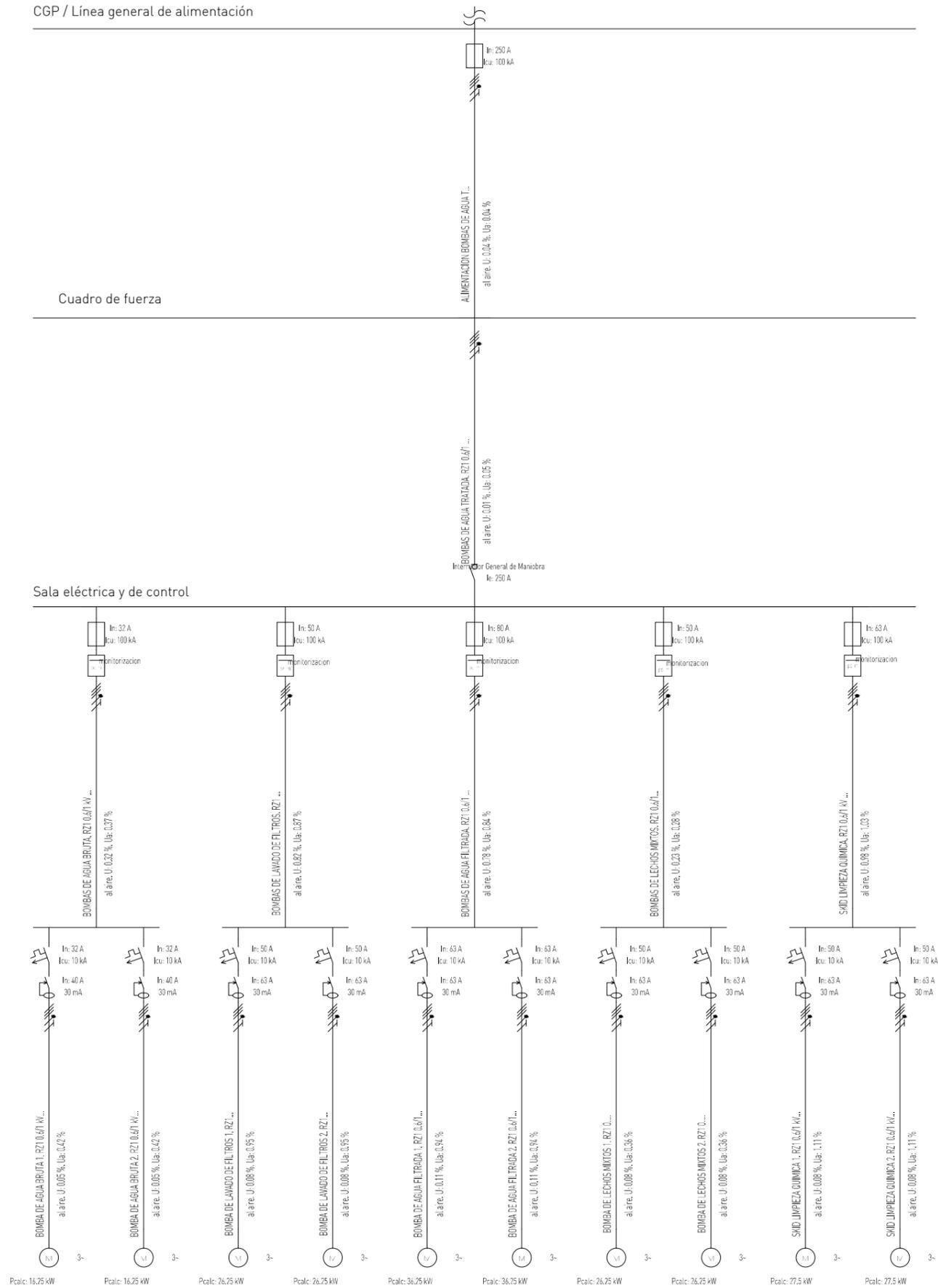


E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Alimentación bombas alta presión RO 1 y RO 2		Escala: S/E
		Nº 1

CGP / Línea general de alimentación

Cuadro de fuerza

Sala eléctrica y de control

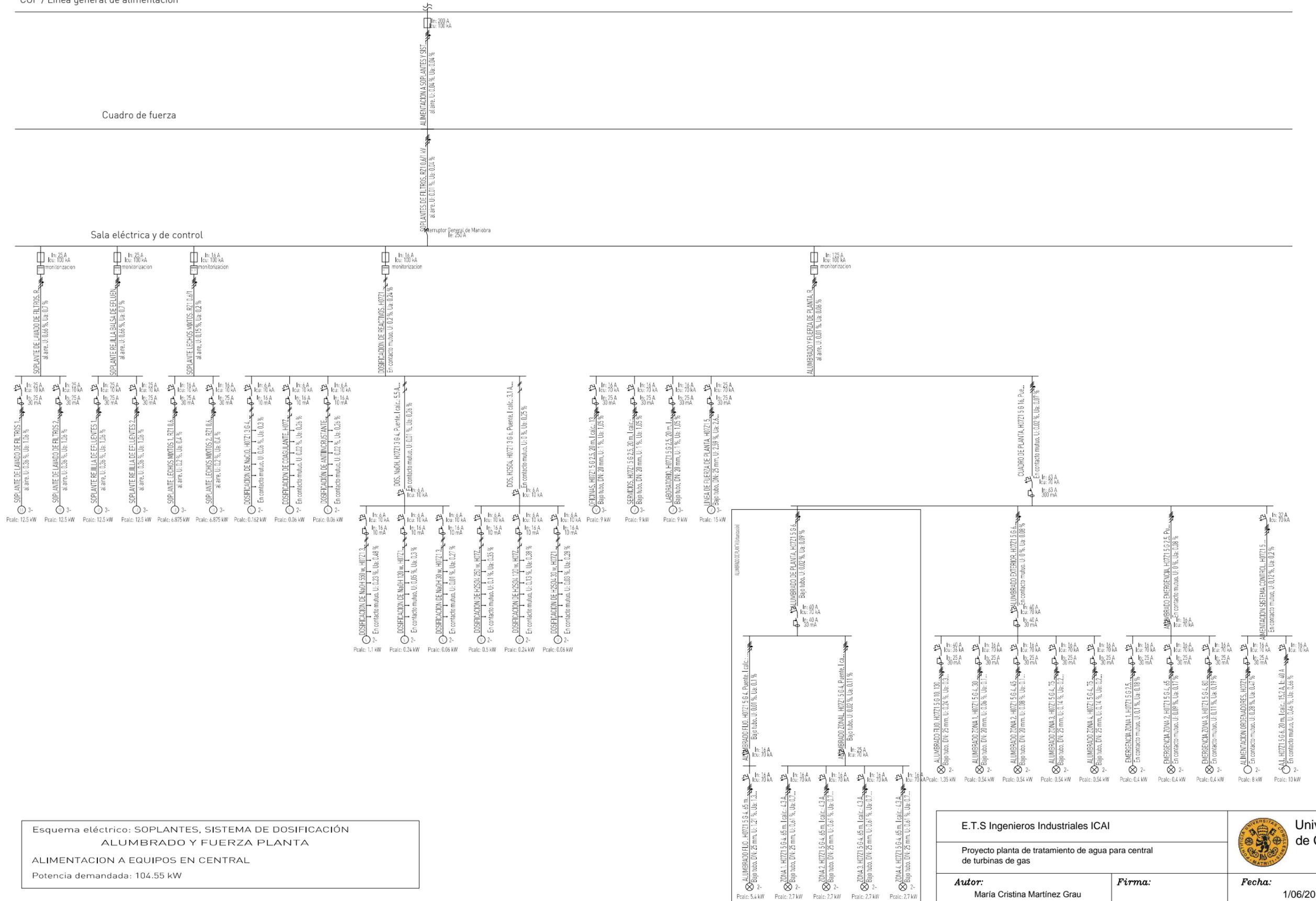


Esquema eléctrico: BOMBAS DE AGUA TRATADA
ALIMENTACION A EQUIPOS EN CENTRAL
Potencia demandada: 127.2 kW

E. T. S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Alimentación bombas de agua		Escala: S/E
		Nº 2

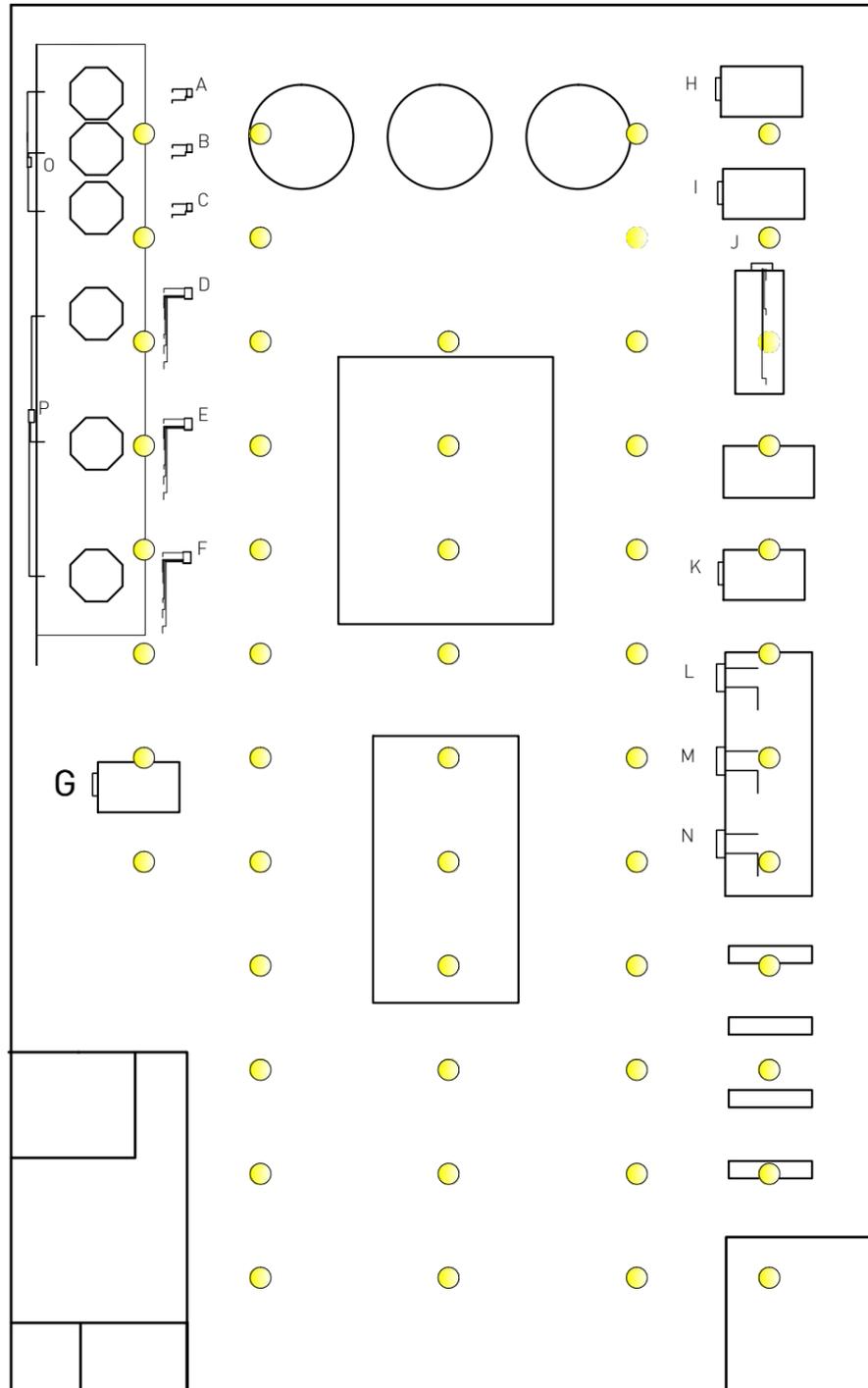
Cuadro de fuerza

Sala eléctrica y de control



Esquema eléctrico: SOPLANTES, SISTEMA DE DOSIFICACIÓN ALUMBRADO Y FUERZA PLANTA
ALIMENTACION A EQUIPOS EN CENTRAL
Potencia demandada: 104.55 kW

E. T. S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
Autor: María Cristina Martínez Grau	Firma:	Fecha: 1/06/2015
Título: Soplantes, sistema de dosificación y alumbrado y fuerza planta.		Escala: S/E
		Nº 3



- PUNTO DE LUZ EN TECHO DE NAVE
- A CUADRO BOMBAS DOSIFICACION ANTI-INCRUSTANTE
- B CUADRO BOMBAS DOSIFICACION COAGULANTE
- C CUADRO BOMBAS DOSIFICACION REDUCTOR
- D CUADRO BOMBAS DOSIFICACION NaOCl
- E CUADRO BOMBAS DOSIFICACION NaOH
- F CUADRO BOMBAS DOSIFICACION H2SO4
- G CUADRO SOPLANTES DE LECHOS MIXTOS
- H CUADRO SOPLANTES DE LAVADO DE FILTROS
- I CUADRO SOPLANTES REJILLA Balsa DE EFLUENTES
- J CUADRO BOMBAS AGUA FILTRADA Y LAVADO DE FILTROS
- K CUADRO VENTILADOR PARA DESGASIFICAR
- L CUADRO BOMBAS AGUA ALTA PRESION R01
- M CUADRO BOMBAS AGUA ALTA PRESION R02
- N CUADRO BOMBAS SKID DE LIMPIEZA QUIMICA Y FLUSHING
- O CUADRO BOMBAS DE CARGA DE REACTIVOS
- P CUADRO BOMBAS DE CARGA DE REACTIVOS

E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		 Universidad Pontificia de Comillas
Proyecto planta de tratamiento de agua para central de turbinas de gas		
<i>Autor:</i> María Cristina Martínez Grau	<i>Firma:</i>	<i>Fecha:</i> 1/06/2015
<i>Título:</i> Alumbrado y situación de cajas		<i>Escala:</i> 1:200
		<i>Nº</i> 4



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

***Parte III PLIEGO DE
CONDICIONES***



Índice de la memoria

Capítulo 1	Condiciones generales y económicas.....	7
1.1	Objetivo del pliego.....	7
1.2	Motivación del proyecto	7
1.3	Documentos del proyecto	7
1.4	Documentación complementaria.....	8
1.5	Industriales y subcontratistas	9
1.6	Gastos e impuestos.....	9
1.7	Asociación de constructores	9
1.8	Subcontratistas	10
1.9	Relación entre la Propiedad y el contratista; y entre los diversos contratistas y subcontratistas	10
1.10	Representaciones	11
1.11	Obligaciones del contratista en materia social.....	12
1.12	Gastos de carácter general por cuenta del contratista	14
1.13	Gastos de carácter general por cuenta de la propiedad	15
1.14	Indemnización por cuenta del contratista.....	15
1.15	Rescisión de contrato.....	16
1.16	Propiedad industrial y comercial.....	17
1.17	Modificaciones del proyecto	18
1.18	Modificaciones de los planos	19
1.19	Seguridad y salud	19
1.20	Control de calidad	20
1.21	Replanteo de obras	20
Capítulo 2	Condiciones técnicas	23



2.1	Características técnicas de los materiales	23
2.1.1	Calidad de materiales y materiales desechados	23
2.1.2	Procedencia, reconocimiento y calidad de los materiales.....	23
2.1.3	Muestras.....	24
2.1.4	Movimiento de tierras y cimentaciones. Remodelación del terreno	24
2.1.5	Hormigón de la cimentación	24
2.1.6	Acero laminado	24
2.1.7	Cemento.....	25
2.1.8	Aguas.....	25
2.1.9	Arenas y áridos.....	25
2.1.10	Carpintería y cerrajería.....	26
2.1.11	Otros materiales.....	26
2.2	Ejecución y control de obras	26
2.2.1	Estructura de acero	26
2.2.2	Andamios	27
2.2.3	Apeos y vallas	27
2.3	Mediciones y valoraciones	27
Capítulo 3	<i>Pliego de condiciones particulares</i>	29
3.1	Alcance de los trabajos	29
3.2	Alcance del suministro	29
3.2.1	Disciplina mecánica.....	29
3.2.2	Disciplina eléctrica	31
3.2.3	Disciplina instrumentación y control	31
3.2.4	Condiciones de diseño	35
3.2.4.1	Análisis Agua Alimentación.	35
3.2.4.2	Análisis Agua Desmineralizada.....	36
3.2.4.3	Composición y capacidad de la planta.....	36
3.2.4.4	Funcionamiento.....	37
3.3	Acceso a las obras	38
3.4	Presencia en obra	38
3.5	Organización de las obras	39
3.6	Dirección de la obra.....	39



3.7	Finalidad de las visitas de obra	39
3.8	Libro de órdenes.....	40
3.9	Vigilancia y policía en las obras	40
3.10	Empleo de materiales nuevos pertenecientes a la propiedad	40
3.11	Uso anticipado de las instalaciones definitivas	40
3.12	Planes de obra y montaje	41
3.13	Plazos de ejecución	41
3.14	Retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras	42
3.15	Incumplimiento de los plazos y multas	42
3.16	Supresión de las multas	43
3.17	Premios y primas	43
3.18	Retrasos ocasionados por la Propiedad	43
3.19	Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.....	43
3.20	Mediciones de las unidades de obra	44
3.21	Certificación y abono de las obras	44
3.22	Abono de unidades incompletas o defectuosas	45
3.23	Recepción provisional de las obras	46
3.24	Plazo de garantía	46
3.25	Recepción definitiva de las obras	47
3.26	Liquidación definitiva de las obras	47
Capítulo 4	<i>Pliego de condiciones eléctrico.....</i>	49
4.1	Calidad de los materiales	49
4.1.1	Generalidades.....	49
4.1.2	Conductores eléctricos.....	49
4.1.3	Conductores de neutro	51
4.1.4	Conductores de protección	51
4.1.5	Identificación de los conductores	52
4.1.6	Tubos protectores	52



4.2	Normas de ejecución de las instalaciones.....	53
4.2.1	Colocación de tubos.....	53
4.2.2	Cajas de empalme y derivación.....	55
4.2.3	Aparatos de mando y maniobra.....	56
4.2.4	Aparatos de protección.....	57
4.2.5	Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	62
4.2.6	Red equipotencial.....	63
4.2.7	Instalación de puesta a tierra.....	64
4.2.8	Alumbrado.....	65
4.3	Pruebas reglamentarias.....	66
4.3.1	Comprobación de la puesta a tierra.....	66
4.3.2	Resistencia de aislamiento.....	66
4.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	66
4.5	Certificados y documentación.....	67
4.6	Libro de órdenes.....	67



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ÍNDICE DE LA MEMORIA



Capítulo 1 CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS

1.1 OBJETIVO DEL PLIEGO

El objetivo del presente documento es el de regular la recepción y puesta en obra de los materiales, la ejecución de la obra, los procedimientos y los medios a utilizar.

Se entiende que el contratista al que se le adjudique la ejecución de los trabajos se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente pliego.

1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Las normas contenidas en este pliego se complementarán, en toda ocasión en la que no estén en contradicción, con lo acordado en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura 1960.

1.3 DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Los documentos que son base para el establecimiento de la correspondiente obra y con arreglo a los cuales se ha de proceder son los siguientes:

- Memoria
- Planos
- Pliego de Condiciones
- Presupuesto

En el caso de que las mediciones y el presupuesto no sean presentadas como documentos de proyecto, serán las facilitadas por el contratista, previa conformidad de la Dirección de Obra y aceptación por parte de la Propiedad.

Si existiesen contradicciones entre los diferentes documentos será la Dirección Facultativa, quien dictamine y formule el criterio de prelación.



1.4 DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

Además de los citados documentos e independientemente de los mismos, tendrán también fuerza de obligar, las órdenes dadas por la Dirección de Obra, así como los planos y detalles aclaratorios que se faciliten.

A efectos del cumplimiento de todas las normas vigentes, si se produce alguna diferencia de grado entre los términos de una prescripción análoga contenida en alguna de las normas mencionadas, será de aplicación la más exigente. En los casos de incompatibilidad o contradicción de prescripciones, prevalecerán las de este pliego, salvo autorización expresa por escrito de la Dirección Facultativa.

La legalización completa de toda la construcción estructural, así como la entrega de la correspondiente documentación, será condición imprescindible previa a la recepción provisional de la obra.

Por otra parte, la Empresa Constructora será responsable de la entrega de la documentación final de la obra en soporte magnético, así como de la confección y entrega de todos los materiales puestos en obra.

Los planos finales responderán a la exacta realidad de la obra ejecutada, recogiendo todos los trazados reales de cada parte de la estructura, con detalle de dimensiones, bases de cálculo, modelos o clases de componentes y demás datos que puedan resultar de interés.

Para el desarrollo de todos los trabajos definidos anteriormente, la empresa adjudicataria dispondrá en la oficina de obra, durante todo el periodo de ejecución de la misma, de los medios informáticos y humanos necesarios para la realización de los mismos.

No se autorizará el inicio de trabajo alguno hasta que no se hayan ejecutado los planos de montaje y cuenten con la verificación de todos y cada uno de los instaladores que deben intervenir en la obra, la del representante de la empresa constructora, la supervisión e informe favorable de la empresa de control de calidad y la aprobación de la Dirección Facultativa de la obra.

Antes del inicio de un trabajo, deberán estar en obra todos los materiales necesarios para su realización a fin de reducir al máximo los tiempos de ejecución, en particular en las áreas que estén ocupadas. Para ello la empresa dispondrá a su coste de los espacios de almacenamiento debidamente acondicionados para tal fin, teniendo en cuenta el carácter especial del emplazamiento.

Siempre se estará a disposición de los representantes de la Propiedad, adecuándose la ejecución a sus necesidades, dividiendo las obras en las fases



necesarias y disponiéndose por parte de la Empresa Constructora de los medios necesarios para que estas circunstancias no supongan demora en los plazos totales.

1.5 INDUSTRIALES Y SUBCONTRATISTAS

La adjudicación a industriales y/o subcontratistas, se realizará siempre con sujeción al plan de trabajos y con multas por incumplimiento de plazo. El contratista será el único responsable de la omisión de dichas condiciones. Cualquier industrial o subcontratista que intervenga en la obra, lo hará con conocimiento y sumisión al presente Pliego de Condiciones y en cuanto pueda efectuarlo, siendo obligación del contratista el cumplimiento de esta cláusula.

El contratista se responsabilizará solidariamente al subcontratista, con expresa renuncia a los beneficios de exclusión, división y orden de las obligaciones. La Propiedad quedará el margen de las relaciones entre contratista y subcontratista, no siendo en ningún caso responsable de las consecuencias derivadas del contrato entre los dos últimos.

1.6 GASTOS E IMPUESTOS

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que se deriven del contrato serán por cuenta del contratista. Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre sí. En ningún caso podrá ser causa de revisión de los precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

1.7 ASOCIACIÓN DE CONSTRUCTORES

- Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo o asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, con relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.
- Los componentes del grupo o asociación delegarán en uno de ellos, a todos los efectos, la representación ante la Propiedad. Esta delegación se realizará por medio de un representante responsable provisto de poderes,



tan amplios como proceda, para actuar ante la Propiedad en nombre del grupo o asociación.

- La designación de representante, para surtir efecto, deberá ser aceptada y aprobada por la Propiedad por escrito.

1.8 SUBCONTRATISTAS

El contratista podrá subcontratar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección Técnica de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a esta, del alcance y condiciones técnico-económicas del subcontrato.

La Propiedad, a través de la Dirección Técnica de la Obra, podrá en cualquier momento requerir del contratista la exclusión de un subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el contratista tomar las medidas necesarias para la rescisión de este subcontrato, sin que por ello pueda presentar una reclamación alguna a la Propiedad.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre los subcontratistas y la Propiedad, como consecuencia de la ejecución por aquellos de trabajos parciales correspondientes al contrato principal, siendo siempre responsable el contratista de la propiedad de todas las actividades del subcontratista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este pliego.

Los trabajos específicos que requieran una determinada especialización y que no estuviesen incluidos en el presupuesto del contrato, bien porque aun estando previstos en la memoria y/o planos de concurso, no se hubiese solicitado para ellos oferta económica, bien porque su necesidad surgiese a posteriori durante la ejecución del contrato, podrán ser adjudicados por la Propiedad directamente a la empresa que libremente elija, debiendo el contratista prestar las ayudas necesarias para la realización de los mismos.

1.9 RELACIÓN ENTRE LA PROPIEDAD Y EL CONTRATISTA; Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

- El contratista está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la Propiedad



juzgue necesario tener conocimiento, entre otras razones por la posible incidencia de los trabajos confiados al contratista, sobre los de otros contratistas y suministradores.

- El contratista debe ponerse oportunamente en relación con los demás contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la Propiedad, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos, el buen orden de la obra, y la seguridad de los trabajadores.
- Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización las cargas relativas a los transportes que se deberán realizar hasta el emplazamiento.
- La Propiedad deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para tomar la resolución que proceda en el caso de presentarse dificultades o diferencias, o designar el árbitro que evalúe dichas diferencias. La decisión del árbitro designado por la Propiedad es obligatoria para los interesados.
- Cuando varios contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudiera derivarse de su propia actuación.

1.10 REPRESENTACIONES

Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el contratista designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la Propiedad especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la Propiedad. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

El contratista está obligado a presentar a la representación de la Propiedad antes de la iniciación de los trabajos, una relación comprensiva del personal facultativo responsable de la ejecución de la obra contratada y a dar cuenta posteriormente de los cambios que en el mismo se efectúen, durante la vigencia del contrato. La designación del representante del contratista, así como la del



personal facultativo, responsable de la obra contratada, requiere la conformidad y aprobación de la Propiedad.

1.11 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL

Estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo. En lo referente a las obligaciones del contratista en materia de seguridad e higiene en el trabajo, estas quedan detalladas de la forma siguiente:

1. El contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligados a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.
2. A tal efecto el contratista debe establecer un Plan de Seguridad e Higiene y Primeros Auxilios que especifiquen con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra. Este plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:
 - La seguridad de su propio personal y la de terceros.
 - La higiene y primeros auxilios a accidentados.
 - La seguridad de las instalaciones.

El Plan de Seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que al Propiedad prescribe a sus empleados cuando realizan trabajos similares a los encomendados al personal del contratista. El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios debe ser comunicado a la Propiedad, en el plazo máximo que se señale en el Pliego de Condiciones particulares y en su defecto, en el plazo de tres meses a partir de la firma el contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de rescisión del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón de la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser inmediatamente comunicada a la Propiedad.



3. Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las límite:

- a) La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.
 - b) El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.
 - c) Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos, máquinas, almacenes, polvorines, etc., incluida las protecciones contra incendios.
 - d) El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad y aireación deficiente, etc.
 - e) El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo el contratista debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.
4. Los contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad, formado por los representantes de las empresas. Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma cada contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

Los gastos resultantes de esta organización colectiva se prorratearán mensualmente entre las empresas participantes, proporcionalmente al



número de jornales, horas de trabajo de sus trabajadores, o por cualquier otro método establecido de común acuerdo.

El contratista remitirá a la representación de la Propiedad, con fines de información copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar dicha baja.

5. El cumplimiento de estas obligaciones por parte del contratista o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la Propiedad.

1.12 GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al contratista; los correspondientes a los caminos de servicio, señales de tráfico provisionales para las vías públicas en las que se dificulte el tránsito, así como de los equipos necesarios para organizar y controlar este evitando accidentes de cualquier clase; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los reglamentos vigentes para el almacenamiento de explosivos y combustibles; los de limpieza de los espacios interiores y exteriores: los de construcción, conservación y retirada de pasos, caminos provisionales y alcantarillas; los derivados de dejar tránsito a peatones y vehículos durante la ejecución de las obras; los de desviación de alcantarillas, tuberías, cables eléctricos y, en general, de cualquier instalación que sea necesario modificar para las instalaciones provisionales del contratista; los de construcción, conservación, limpieza y retirada de las instalaciones sanitarias provisionales y limpieza de los lugares ocupados por las mismas; los de retirada al fin de la obra de instalaciones, herramientas, materiales, etc., y limpieza general de la obra.

Salvo que se indique lo contrario, será por cuenta del contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras y la adquisición de dichas aguas y energía.

Serán por cuenta del contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra, de los materiales rechazados, los de los jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por



la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

En los casos de rescisión del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las actas notariales que sean necesarios levantar, así como los de retirada de los medios auxiliares que no utilice la propiedad o que le devuelva después de utilizados.

1.13 GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA PROPIEDAD

Serán por cuenta de la Propiedad los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la empresa o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el apartado anterior, y el transporte de los materiales suministrados por la Propiedad, hasta el almacén de la obra.

Serán también a cargo de la Propiedad los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, botiquines, laboratorios y de cualquier edificio e instalación perteneciente a la Propiedad y utilizados por el personal encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

1.14 INDEMNIZACIÓN POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Será por cuenta del contratista la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares; la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes; los que se originen por la habilitación de caminos y vías provisionales y, finalmente, los producidos en las demás operaciones realizadas por el contratista para la ejecución de la obra.



1.15 RESCISIÓN DE CONTRATO

Cuando a juicio de la Propiedad el incumplimiento por parte del contratista de alguna de las cláusulas del contrato pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la Propiedad podrá decidir la rescisión del contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Así mismo, podrá proceder a la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

- Cuando no hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares en los plazos previstos.
- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado por la Obra.
- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% del presupuesto de la Obra. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la Propiedad a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del contrato.

Será así mismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los siguientes:

- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del contratista.
- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el contratista fuera una persona jurídica.
- Si el contratista es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos anteriores la Propiedad estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del contrato a las restantes empresas en que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del contrato. Si la Propiedad optara en ese momento por la rescisión, esta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

Procederá asimismo la rescisión, sin pérdida de fianza por el contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista, no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada, dentro del plazo de 3 meses, a partir de la fecha de adjudicación.



En el caso que se incurriese en las causas de resolución del contrato conforme a las cláusulas de este Pliego General de Condiciones, o del Particular de la obra, la Propiedad se hará cargo de las obras en la situación en que se encuentren, sin otro requisito que el del levantamiento de un acta notarial, si ambas partes prestan su conformidad, que refleje la situación de la obra, así como de acopios de materiales, maquinaria y medios auxiliares que el contratista tuviese en ese momento en el emplazamiento de los trabajos. Con este acto de la Propiedad el contratista no podrá poner interdicto ni ninguna otra acción judicial, a la que renuncia expresamente.

Siempre y cuando el motivo de la rescisión sea imputable al contratista, éste está obligado a dejar a disposición de la Propiedad, hasta la total terminación de los trabajos, la maquinaria y medios auxiliares existentes en la obra que la Propiedad estime necesario, pudiendo el contratista retirar los restantes.

La Propiedad abonará por los medios, instalaciones y máquinas, que decida que continúen en la obra, un alquiler igual al estipulado en el baremo para trabajos por administración, pero descontando los porcentajes de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

El contratista se compromete como obligación subsidiaria de la cláusula anterior a conservar la propiedad de las instalaciones, medios auxiliares y maquinaria seleccionada por la Propiedad o reconocer como obligación preferente frente a terceros, la derivada de dicha condición.

La Propiedad comunicará al contratista, con treinta días de anticipación, la fecha en que desea reintegrar los elementos que venía utilizando, los cuales dejarán de devengar importe alguno a partir de su devolución, o a los 30 días de la notificación si el contratista no se hubiese hecho cargo de ellos. En todo caso la devolución se realizará siempre a pie de obra, siendo por cuenta del contratista los gastos de su traslado definitivo.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías y fianzas a ejecutar las recepciones provisionales y definitivas de los trabajos ejecutados por el contratista hasta la fecha de la rescisión.

1.16 PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL

Al suscribir el contrato, el contratista garantiza a la Propiedad contra toda clase de reivindicaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras y que procedan de titulares de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.



En el caso que fuera necesario, corresponde al contratista la obtención de las licencias o autorizaciones precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

En el caso de acciones dirigidas contra la Propiedad por terceros titulares de licencias, autorizaciones, planos, modelos, marcas de fábrica o de comercio utilizadas por el contratista para la ejecución de los trabajos, el contratista responderá ante la Propiedad del resultado de dichas acciones estando obligado además a prestarle su plena ayuda en el ejercicio de las excepciones que competan a la Propiedad.

1.17 MODIFICACIONES DEL PROYECTO

La Propiedad podrá incluir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre, que no varíen las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Todas estas modificaciones serán obligatorias para el contratista y siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto Total de Ejecución Material contratado en más de un 35 %, tanto en más como en menos, el contratista no tendrá ningún derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

Si la cuantía total de la certificación final, correspondiente a la obra ejecutada por el contratista, fuese a causa de las modificaciones del Proyecto, inferior al Presupuesto Total de Ejecución Material del contrato en un porcentaje superior al 35 %, el contratista tendrá derecho a indemnizaciones.

Para fijar su cuantía, el contratista deberá de presentar a la Propiedad en el plazo máximo de dos meses a partir de la fecha de dicha certificación final, una petición de indemnización con las justificaciones necesarias debido a los posibles aumentos de los gastos generales e insuficiente amortización de equipos e instalaciones, y en que se valore el perjuicio que le resulte de las modificaciones introducidas en las previsiones del Proyecto. Al efectuar esta valoración el contratista deberá tener en cuenta que el primer 35% de reducción no tendrá repercusiones a estos efectos.



1.18 MODIFICACIONES DE LOS PLANOS

Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso, respetando los principios esenciales y el contratista no podrá por ello hacer reclamación alguna a la Propiedad.

El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto, obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos del proyecto.

Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra. La Propiedad tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los plazos de trabajo del contratista entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

1.19 SEGURIDAD Y SALUD

La Empresa Constructora deberá disponer de todos los medios necesarios y adecuados que permitan garantizar la seguridad del personal adscrito a la obra, así como del personal subcontratado, ateniéndose estrictamente a las condiciones fijadas en el Proyecto de Seguridad y Salud, que figura como anexo de éste, que a tal fin se ha redactado por técnico competente, quién asumirá la condición de Coordinador de Seguridad.

El Contratista será responsable de todos los accidentes, daños, perjuicios y transgresiones que pudiesen ocurrir o sobrevenir como consecuencia directa o indirecta de la ejecución de las obras, debiendo tener presente cuanto se determina en las disposiciones legales en vigor que afecten a cuestiones relacionadas con la seguridad e higiene en los trabajos de construcción, como son:

- Reglamento de Seguridad del Trabajo en la Industria de la Construcción.
- Prescripciones de Seguridad e Higiene en la Industria de la Edificación.
- Ordenanza laboral de Construcción, Vidrio y Cerámica.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones complementarias.
- Cualquier otra que tengan relación directa con la seguridad de la obra.

1.20 CONTROL DE CALIDAD

El Control de Calidad de las obras será responsabilidad de la Empresa de Control de Calidad competente que se determine, presentando periódicamente los resultados obtenidos en los ensayos correspondientes a cada unidad de obra que lo requiera a la Dirección Facultativa.

Todos los materiales empleados deberán ser objeto de los controles de calidad, análisis, etc. Que señale la citada Empresa de control así como de la Dirección Facultativa.

Se realizarán las pruebas, ensayos y todos aquellos elementos de Control de Calidad que queden fijados, bien en el estudio de Seguridad y salud, así como los que determine la Dirección Facultativa y la Empresa de Control de Calidad, debiendo realizarse por laboratorios homologados, según las clasificaciones exigidas en el Estudio de Seguridad y previa aprobación por la Dirección Facultativa.

El Control de Calidad comprenderá la revisión de los documentos de proyecto, materiales, planos de montaje, ejecución de las obras, pruebas parciales y finales de las instalaciones y revisión de la documentación final de la obra.

Serán extensivos a todos y cada uno de los capítulos que comprenden el proyecto, definiéndose en cada caso y en función de los resultados que se obtengan en el muestreo inicial la amplitud y número de ensayos que se deberán realizar.

En cualquier caso, como documento de referencia, se utilizará el Estudio de Seguridad y Salud de la obra, siendo los ensayos allí definidos de acuerdo con la empresa de control de calidad los mínimos a realizar.

1.21 REPLANTEO DE OBRAS

- La Propiedad entregará al contratista los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar.



La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras. Será por cuenta de la Empresa Constructora, facilitar todos los medios auxiliares necesarios para materializar el replanteo. Todos los puestos de referencia deberán ser fijados de forma que no se altere su situación al ejecutar los vaciados y la excavación de zanjas y pozos.

- Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el contratista verificará en presencia de los representantes de la Propiedad el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el acta correspondiente.
- La Propiedad precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras
- El contratista será responsable de la conservación de todos los hitos referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos, se destruye alguno, deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

El contratista establecerá en caso necesario, hitos secundarios y efectuará todos lo replanteos precisos para la perfecta definición de las obras a ejecutar, siendo de su responsabilidad los perjuicios que puedan ocasionarse por errores cometidos en dichos replanteos.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Condiciones generales y económicas



Capítulo 2 CONDICIONES TÉCNICAS

2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

2.1.1 CALIDAD DE MATERIALES Y MATERIALES DESECHADOS

Todos los materiales básicos y la elaboración de mezclas se ajustarán a las calidades y dimensiones descritas en el proyecto. Dichas determinaciones se extenderán a los detalles de obra que la dirección facultativa desarrolle en el transcurso de la ejecución material de los trabajos.

Previamente a la colocación en obra de los materiales se exigirá la aprobación de la dirección facultativa. Dicha dirección se reserva el derecho de desechar aquellos que no reúnan las condiciones exigidas en este pliego. Los materiales desechados serán retirados de la obra en un plazo máximo de 24 horas.

2.1.2 PROCEDENCIA, RECONOCIMIENTO Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

Todos los materiales que intervengan en las obras, procederán de fábricas que merezcan plenas garantías, exigiéndose en su caso los certificados correspondientes, de la calidad propuesta en los documentos de proyecto y siempre de las zonas donde mejor se produzcan.

Cumplirán con las condiciones que para cada uno de ellos se especifica en los artículos que siguen, desechándose los que, a juicio de la Dirección Facultativa no se reúnan.

Para lo cual y con la debida antelación por parte del contratista, se presentarán a la Dirección Facultativa, cuantos materiales se vayan a emplear en la obra, para su reconocimiento y aprobación, sin la cual, no se autorizará su colocación, debiéndose demoler lo ejecutado con ellos, bajo responsabilidad del contratista y sin derecho a reclamación por su parte del abono de los mismos, siendo por su cuenta los gastos que ocasione el incumplimiento del presente apartado.



La Dirección Facultativa determinará los ensayos y análisis que se deban realizar, siendo por cuenta y cargo del contratista, siempre y cuando no sobrepasen el valor del 1% del presupuesto total de la contrata. El examen y aprobación de los materiales, no supone recepción de ellos, puesto que la responsabilidad del contratista adjudicatario no termina hasta que se cumplan los plazos marcados por la ley.

2.1.3 MUESTRAS

La Empresa Constructora, presentará oportunamente a la Dirección Facultativa, muestras de toda clase de materiales necesarios para la ejecución de la obra, debiendo conservarse éstas para comprobar y confrontar en su día los materiales empleados en la misma.

2.1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIONES. REMODELACIÓN DEL TERRENO

Todo movimiento de tierras deberá ajustarse exactamente a los planos del proyecto, con la obligación expresa del contratista de obtener de la Dirección Facultativa, la aprobación del sistema a emplear, así como la comprobación de los niveles y taludes del terreno, trazados por el contratista.

2.1.5 HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN

Antes de rellenar la cimentación, el contratista deberá obtener la conformidad de la excavación, por parte de la Dirección Facultativa, la cual, previa inspección, ordenará los trabajos oportunos a realizar.

2.1.6 ACERO LAMINADO

Los materiales ferrosos laminados serán perfectamente homogéneos y estarán exentos de sopladuras, impurezas, pajas, actas y otros defectos de fabricación. Su fractura presentará una textura fina y gránula y la superficie exterior estará limpia y desprovista de defectos.

Los hierros perfilados, deberán estar perfectamente laminados, presentando superficies planas, perfectamente lisas y exentas de defectos, las aristas vivas, rectas y sin defectos, con sus secciones extremas perpendiculares al eje y bien cortadas, no presentando tampoco rebabas y menos aún falta de metal



en los ángulos. Los alambres de hierro y acero serán de diámetro uniforme por cualquier sección perpendicular al eje, no admitiéndose variación alguna en sus galgas.

2.1.7 CEMENTO

Los cementos deberán cumplir las condiciones de la Instrucción para la Recepción de Cementos, y lo estipulado en la vigente Norma EHE-98.

El cemento se suministra en sacos de 50 kg, en los que figurarán impresos los datos recogidos en la legislación vigente, o a granel mediante las instalaciones adecuadas, en cuyo caso se acompañará a cada partida el albarán correspondiente con los datos precisos.

El cemento no será recibido en obra si su temperatura excede de 70 grados centígrados, cuando se manipule con medios mecánicos, o de 40 grados más que la temperatura ambiente. Su almacenamiento en obra estará protegido y defendido de la humedad ambiente del suelo.

2.1.8 AGUAS

El agua para la confección de los morteros y hormigones cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Norma EHE-98. No contendrá sustancias perjudiciales en cantidad suficiente para alterar el fraguado ni disminuirá con el sistema de condiciones útiles exigidas en aquella fábrica.

Son admisibles, sin necesidad de ensayos, todas las aguas que por sus características físicas y químicas sean potables. El contratista vendrá obligado a tener los depósitos para almacenar el agua necesaria que pueda consumirse en los días de trabajo, que se deberán situar en el emplazamiento.

2.1.9 ARENAS Y ÁRIDOS

Igualmente, para estos componentes, regirá la norma EHE-98. Las arenas deberán estar limpias de arcilla o sustancias orgánicas, no enturbiando apreciablemente el agua contenida en un recipiente al ser introducidas en él. Si esto sucede se autoriza el empleo de las mismas previo lavado con riesgo, una vez extendidas en capas de pequeño espesor en remanso de agua corriente. Las arenas de mar requieren, para su empleo, un lavado previo con agua potable.

Como áridos para la fabricación de morteros y hormigones, pueden emplearse arenas y gravas procedentes de yacimientos naturales, rocas



suficientemente trituradas y otros productos que por su naturaleza, resistencia y diversos tamaños, reúnan las condiciones que al respecto recoge la mencionada Norma.

2.1.10 CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA

La carpintería del conjunto de obras que se proyectan, será la que se especifique en cada caso.

2.1.11 OTROS MATERIALES

Todo material que haya de ser empleado en obra y cuyas características no se especifiquen en el presente pliego de condiciones, reunirá todas las garantías de la buena construcción y podrá, igualmente que los restantes, ser empleado en las obras sin previo examen y aprobación del técnico-director de las mismas.

La Dirección técnica exigirá cuando lo considere pertinente el certificado de origen industrial Documento Idoneidad Técnica, en su caso, de cualquier material como requisito previo a su puesta en obra.

2.2 EJECUCIÓN Y CONTROL DE OBRAS

2.2.1 ESTRUCTURA DE ACERO

La forma y dimensiones de la estructura será la especificada en los documentos del proyecto, no permitiéndose al contratista modificaciones de los mismos, sin previa autorización del Arquitecto-Técnico.

Dentro de la jornada laboral, el contratista deberá permitir la entrada en su taller al Director de Obra o a sus representantes, a los que dará toda clase de facilidades, durante el período de construcción de la estructura.

Queda expresamente prohibido el corte de perfiles en obra mediante arco eléctrico. Queda prohibido el soldeo con temperatura inferior a 0°C, ni con lluvia o viento sin protección. Se evitarán las soldaduras a techo o en cornisa.

El constructor redactará un programa de montaje de la estructura en obra que deberá ser aprobado por el Director de la misma y contendrá los siguientes puntos:

- Ejecución en fases del montaje, con los tiempos de cada fase.



- Equipo que se empleará en el montaje de cada fase.
- Aperos, cimbras y elementos de sujeción previstos.
- Elementos de seguridad y protección previstos.

2.2.2 ANDAMIOS

Los andamios se construirán atendiendo a las indicaciones de la Dirección Facultativa.

En ellos, se colocarán antepechos de 1 m de altura para evitar la caída de operarios. Los tableros tendrán al menos 20 cm de ancho y 7 cm de espesor.

En la construcción de andamios se observará el Reglamento de Seguridad del trabajo, recayendo sobre el contratista la responsabilidad de las desgracias que puedan ocurrir, así como dejar de tomar otro tipo de precauciones previstas en dicho reglamento en materia de seguridad en el trabajo.

2.2.3 APEOS Y VALLAS

Se ejecutarán los apeos precisos bajo la supervisión del Arquitecto Técnico y conforme a la norma de la buena construcción. Además se colocarán vallas de obra si lo exige el municipio donde se sitúe la planta.

2.3 *MEDICIONES Y VALORACIONES*

Las estructuras de acero se abonarán, en general por metro lineal de acero del tipo especificado en la memoria.

Cuando en el Proyecto no se especifique precio para el abono de las soldaduras, estribos o cualquier tipo de unión, se considerará que está incluido en el precio unitario.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Condiciones técnicas



Capítulo 3 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

3.1 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Además de lo recogido de forma explícita en este documento, el Suministrador deberá incluir en su alcance todos aquellos elementos que considere necesarios para una correcta y segura operación de las plantas de desmineralización por osmosis inversa y de agua desmineralizada objeto de esta Especificación según la buena práctica habitual.

3.2 ALCANCE DEL SUMINISTRO

El alcance básico de la planta incluida en este documento comprenderá los siguientes componentes y servicios:

3.2.1 DISCIPLINA MECÁNICA

El alcance básico de la disciplina mecánica incluirá como mínimo los siguientes equipos:

- Dos (2) bombas de agua bruta de alimentación a los filtros de arena, del 100% de capacidad cada una y dotadas de variador de velocidad.
- Tres (3) filtros a presión de arena del 50% de capacidad unitaria.
- Un (1) equipo de lavado para filtros de arena, compuesto por un tanque de agua filtrada para lavado, dos bombas de lavado del 100% de capacidad unitaria y dos (2) soplantes al 100% de aire.
- Un depósito de agua filtrada, de capacidad suficiente para el funcionamiento del sistema de contralavado de filtros y para la aspiración de las bombas de aporte a la ósmosis inversa.
- Dos (2) bombas para contralavado de filtros a presión que aspiren del tanque de agua filtrada



- Dos (2) soplantes para contralavado de filtros a presión.
- Dos (2) filtros de cartuchos del 50% de capacidad cada uno.
- Dos (2) bombas de alta presión de alimentación a los módulos de Ósmosis Inversa con el 100% de capacidad unitaria.
- Dos (2) líneas de Ósmosis Inversa del 100% de capacidad unitaria, con todos sus elementos de acoplamiento, control y toma de muestras.
- Un (1) desgasificador atmosférico, común a las dos líneas de ósmosis inversa, si fuera necesario por el contenido en CO₂ a la salida de los módulos de Ósmosis Inversa.
- Dos (2) bombas para impulsión del agua desgasificada, del 100% de capacidad cada una.
- Dos (2) bombas de alta presión de alimentación a los módulos de Ósmosis Inversa del segundo paso con el 100% de capacidad unitaria.
- Dos (2) líneas de Ósmosis Inversa del segundo paso del 100% de capacidad unitaria, con todos sus elementos de acoplamiento, control y toma de muestras.
- Un (1) equipo de limpieza de los módulos de Ósmosis Inversa formado por un tanque de almacenamiento de producto, agitador, resistencia de calentamiento y filtro de cartucho para seguridad y dos (2) bombas de lavado.
- Un (1) tanque de desplazamiento de agua bruta o preservación de membranas para paradas, formado por un tanque y dos (2) bombas de impulsión al 100% de capacidad unitaria.
- Un (1) tanque de almacenamiento de agua osmotizada de segundo paso, de capacidad ajustada a las necesidades del proceso.
- Dos (2) bombas de alimentación a los lechos mixtos.
- Dos (2) intercambiadores iónicos de lecho mixto del 100% de capacidad unitaria.
- Dos (2) soplantes para suministro de aire en la regeneración de los lechos mixtos, del 100% de capacidad cada una.
- Dos (2) bombas para impulsión del agua desmineralizada de regeneración, del 100% de capacidad cada una.
- Sistemas de dosificación de químicos completos formado por:
 - Dos (2) bombas dosificadoras, una de reserva.
 - Un (1) tanque de almacenamiento de capacidad la menos de 30 días
 - Una (1) bomba para llenado del tanque de almacenamiento.



- Dos (2) bombas centrífugas horizontales de extracción y recirculación de efluentes del 100% de capacidad unitaria.
- Válvulas todo-nada automáticas necesarias para realizar el ajuste de pH de forma automática.
- Un (1) sistema de agitación sumergido por inyección de aire con difusores de burbuja media o gruesa.
- Dos soplantes (2) para la agitación con aire.
- Válvulas de control todo-nada en la tubería de descarga y otra en la de recirculación, controlada por las medidas de pH.
- Toda la tubería, válvulas y accesorios para enlazar entre si todas las partes de los equipos de desmineralización, regeneración, soplantes y bombas. de manera que se consiga un completo, correcto y seguro funcionamiento del sistema de desmineralización.
- Duchas lavajos necesarias en la zona de reactivos.

3.2.2 DISCIPLINA ELÉCTRICA

- Todos los motores de las bombas, válvulas y mecanismos operados a motor, serán identificados con placas si las necesitan.
- Cableado de instrumentación y control desde los instrumentos a cajas de agrupamiento.
- Centro de control con sus contactores, interruptores, protecciones...
- Todo cableado eléctrico, bandejas de cables y conductos necesarios.

3.2.3 DISCIPLINA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

El Suministrador incluirá, al menos, la siguiente instrumentación:

- Un (1) equipo de medida de turbidez (SDI) para medida a la salida de los filtros de arena y de los filtros de cartuchos.
- Tres (3) transmisores de presión diferencial para inicio de secuencia de lavado de cada filtro de arena instalado.
- Dos (2) manómetros en la aspiración de las bombas de agua bruta.
- Dos (2) manómetros en la impulsión de las bombas de agua bruta.



- Dos (2) manómetros de presión diferencial, con contactos de alta presión diferencial, para filtros de cartuchos.
- Un (1) equipo de medida de pH a la entrada de la ósmosis, que controle la dosificación de ácido a la entrada a los filtros de cartuchos.
- Un (1) equipo de medida de cloro para comprobar que no hay cloro residual a la entrada a la ósmosis y controle la dosificación del reductor.
- Dos (2) transmisores de caudal a la entrada a cada cadena, con placa de orificio y transmisor de presión diferencial.
- Un transmisor de nivel para el tanque de agua desgasificada.
- Dos (2) manómetros en la aspiración de las bombas de agua desgasificada.
- Dos (2) manómetros en la impulsión de las bombas de agua desgasificada.
- Cuatro (4) manómetros a la entrada y salida de los lechos mixtos.
- Dos (2) conductivímetros a la salida de los lechos mixtos.
- Dos (2) conductivímetros para supervisión y alarma de la concentración de sosa diluida y ácido diluido.
- Dos (2) presostatos diferenciales para detección de alta pérdida de carga en filtros atraparresinas.
- Un (1) medidor de pH a la salida de los lechos mixtos.
- Dos (2) transmisores de caudal a la salida de los lechos mixtos, con placa de orificio y transmisor de presión diferencial.
- Un (1) rotámetro en línea para caudal de aire, con contacto por bajo caudal de aire.
- Una (1) resistencia eléctrica para calentamiento del tanque de sosa cáustica.
- Un (1) termostato con diferencial ajustable, para control de temperatura en el tanque de sosa cáustica.
- Un (1) termómetro para medida de temperatura en depósito de sosa.
- Dos (2) indicadores de nivel de vidrio para medición de nivel en tanque de ácido y sosa.
- Dos (2) interruptores de alto nivel para la parada de las bombas de trasiego a los tanques de ácido sulfúrico y sosa cáustica.
- Dos (2) interruptores de muy bajo nivel en los tanques para la parada de las bombas de dosificación de ácido sulfúrico y sosa cáustica.
- Dos (2) manómetros en la impulsión de las bombas de llenado de ácido y sosa.
- Dos (2) manómetros en la aspiración de las bombas de llenado de ácido y sosa.



- Dos (2) transmisores de caudal para medida del caudal de ácido y de sosa, con placas de orificio y transmisor de presión diferencial.
- Dos (2) transmisores de caudal para medida del caudal de agua desmineralizada de dilución de ácido y sosa, con placa de orificio y transmisor de presión diferencial.
- Dos (2) manómetros en la aspiración de las bombas de agua desmineralizada para regeneración.
- Dos (2) manómetros en la impulsión de las bombas de agua desmineralizada para regeneración.
- Un (1) indicador de nivel en el tanque de agua caliente para dilución de sosa.
- Una (1) resistencia eléctrica para calentamiento del tanque de agua caliente para la dilución de sosa.
- Un (1) termostato con diferencial ajustable para control de la temperatura en el tanque de agua caliente.
- Un (1) termómetro para medida de la temperatura en el tanque de agua caliente.
- Un (1) medidor de pH para control, supervisión y alarma de los efluentes.
- Dos (2) manómetros en la aspiración de las bombas de efluentes.
- Dos (2) manómetros en la impulsión de las bombas de efluentes.
- Un (1) transmisor de nivel por ultrasonidos para control de nivel en la balsa de efluentes.
- Todas las válvulas de control necesarias para el correcto funcionamiento de la planta.

El ofertante incluirá entre otros, los siguientes equipos:

- a) Un PLC capaz de llevar a cabo todas las tareas de control (automático/manual) y supervisión relacionadas con los procesos de:
 - Filtración
 - Osmosis Inversa.
 - Desmineralización de lecho mixto.
 - Desgasificación.
 - Regeneración de resinas catiónicas por ácido.
 - Regeneración de resinas aniónicas por sosa.
 - Almacenamiento y neutralización periódico en balsa de efluentes.



Todo el sistema de mando y control secuencial, tanto lógico como analógico, así como las protecciones y enclavamientos de los distintos equipos y subsistemas de los que consta la planta.

La planta podrá ser supervisada y operada desde la sala de control principal de la central, a través de una interfase mediante bus de comunicaciones, entre el PLC y el sistema de control distribuido (SCD).

La selección del modo de operación de la planta (local o remoto) residirá en el sistema de mando local (SCADA). En el modo de funcionamiento local, se inhibirán las órdenes o comandos procedentes del SCD, proviniendo estas del sistema local de operación. No obstante, el control principal de la central seguirá recibiendo todas las señales de supervisión representativas del funcionamiento de la planta.

Todos los autómatas a suministrar serán de la misma marca y familia, pudiendo variar el modelo para adecuarse a las diferentes características de cada sistema, pero ofreciendo una estructura hardware similar.

Serán de ejecución modular, constituido por bastidores conectados entre sí por cables conformados, prolongación de su bus interno y tarjetas enchufables. Dispondrán de una fuente de alimentación interna con separación galvánica y sistema de protección electrónica contra cortocircuitos.

Las tarjetas de E/S analógica (4 ÷ 20 mA) serán las adecuadas para transmisores a dos hilos con alimentación a 24 V.c.c.

Dispondrán de, al menos, un 20% de capacidad de reserva, tanto en E/S como en memoria.

Será capaz de comunicarse con otros sistemas de control digital de la planta, especialmente con el SCD, mediante un bus digital de comunicaciones. Las comunicaciones serán de tipo bidireccional y conforme a un estándar de uso generalizado compatible con el SCD.

Los PLC's a suministrar serán de una de las siguientes marcas: Allen Bradley, Siemens, GE o Telemecanique. La elección definitiva de la marca se realizará en una fase más avanzada del proyecto, y será de obligado cumplimiento por parte del suministrador de la planta.

Del mismo modo, el protocolo de comunicaciones entre PLC / SCADA de la planta y el SCD se definirá en dicha fase, siendo posibles estándares como fibra óptica y Modbus.

- b) Dispondrá de un PC con su correspondiente sistema de adquisición y supervisión de datos (SCADA) que permitirá la operación y mantenimiento local de la planta. El SCADA tendrá las pantallas



adecuadas para mando y supervisión de todos los elementos de dicha planta.

- c) Una estación de ingeniería y mantenimiento para el PLC formado por un PC de sobremesa y todo el hardware y software necesario para la configuración adecuada de dicho PLC.
- d) Toda la tubería de aire distribuida desde las soplantes, así como la tubería de aire de instrumentos a partir de un punto de toma de aire comprimido de instrumentos en la Central.

Se considerarán, por tanto, suministrados por otros los siguientes equipos y servicios:

- Tanque de agua bruta.
- Tanque de agua desmineralizada.
- Centro de Control de Motores (CCM).
- Aire para instrumentos hasta una única conexión a 1 metro de la planta de agua desmineralizada.

3.2.4 CONDICIONES DE DISEÑO

3.2.4.1 *Análisis Agua Alimentación.*

La planta de agua desmineralizada se diseñará para el caso de que el agua de alimentación a la planta sea agua de red procedente de la red pública de abastecimiento.

Agua de red:

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
pH	ud pH	7,0
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	1161,28
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	10-30
Calcio	mg/l Ca^{2+}	125,1
Magnesio	mg/l Mg^{2+}	12,5
Sodio	mg/l Na^{+}	63,75



Potasio	mg/l K ⁺	1,87
Cloruros	mg/l Cl ⁻	93,75
Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁻	21,25
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	425
Sílice	mg/l SiO ₂	21,2
Sólidos en suspensión	mg/l	25

3.2.4.2 *Análisis Agua Desmineralizada*

El agua desmineralizada deberá cumplir en cualquier caso los siguientes requisitos:

Conductividad:	<0.1μS/cm
Sodio+ Potasio:	<0.5mg/l
Sílice total:	<0.5mg/l
Calcio:	<0.5mg/l

3.2.4.3 *Composición y capacidad de la planta*

La planta estará formada por dos líneas de desmineralización de 84 m³/h de capacidad neta cada una, una vez descontada el agua desmineralizada utilizada en su propia regeneración. Es decir, que cada línea producirá 85 m³ netos de agua desmineralizada por hora.

Las líneas de desmineralización se dimensionarán para ciclos de servicio de 150horas entre regeneraciones. Funcionarán de forma una línea en operación y la otra en regeneración ó espera.

Si es necesario se dispondrá un desgasificador atmosférico común a las dos líneas de ósmosis inversa.

En entrada a las líneas de ósmosis se instalará un filtro de cartucho, en previsión de presencia eventual de compuestos de hierro en suspensión en el agua bruta de la red exterior. La velocidad de paso no será superior a 10 m³/h/m².

Los Lechos Mixtos dispondrán de resina catiónica, aniónica e inerte, para favorecer la separación de las dos primeras durante la regeneración. Composiciones alternativas podrán ser consideradas por los ofertantes, teniendo en cuenta el funcionamiento de la cadena primaria.



El desgasificador atmosférico será dimensionado para el caudal de las dos líneas desmineralizadoras, de forma que permita la operación simultánea de ambas, con tanque de agua desgasificada con capacidad de retención de cinco (5) minutos en estas condiciones.

Los tanques de almacenamiento de ácido y sosa serán dimensionados para descargar las cisternas de los camiones y un mes de funcionamiento.

Desde un punto de llegada a la planta los Ofertantes deberán prever las tuberías y válvulas necesarias para distribución a las dos cadenas.

Los depósitos de reactivos que deberán localizarse en cubetos situados en el interior del edificio. La balsa de neutralización se localizará en el exterior del edificio.

Todo el equipo se diseñará para la instalación interior.

3.2.4.4 Funcionamiento

- a) La planta funcionará 24 horas diarias, produciendo 85 m³/h netos de agua desmineralizada, con una línea en operación y la otra en regeneración o espera.
- b) Cuando la presencia de hierro lo haga necesario, el agua pasará a través de los filtros de cartuchos situados en cabeza de la instalación. El Suministrador de la planta preverá una toma de muestras manual, para su análisis de laboratorio, del agua de entrada a la misma.
- c) El flujo específico del primer paso de la osmosis será inferior a 25 l/h/m².
- d) Desgasificador atmosférico si fuera necesario por el contenido en CO₂ a la salida de los módulos de Osmosis Inversa. Velocidad máxima de paso será de 60 m³/h/m². El caudal mínimo de aire será de 20 Nm³/h por cada m³/h de caudal de diseño.
- e) El flujo específico del segundo paso de la osmosis será inferior a 30 l/h/m².
- f) Los períodos de regeneración serán inferiores a 4 horas, efectuándose la regeneración de una línea durante el funcionamiento de la otra.
- g) La regeneración de las resinas catiónicas se hará con ácido sulfúrico y la de las resinas aniónicas con sosa cáustica. El agua utilizada en la regeneración será agua desmineralizada.
- h) El sistema de calentamiento de limpieza química será capaz de calentar el agua en un máximo de 3 horas.



- i) El sistema de neutralización de efluentes será capaz de neutralizar los efluentes en un máximo de 2 horas.
- j) La planta podrá ser operada y supervisada desde la sala de control principal de la central, a través de una interfase mediante bus de comunicaciones, entre el PLC local y el sistema de control distribuido (SCD). La selección del modo de operación de la planta (local o remoto) residirá en el sistema de mando local (SCADA). En el modo de funcionamiento local, se inhibirán las órdenes o comandos procedentes del SCD, proviniendo estas del sistema local de operación.
- k) La cadena permanecerá en operación hasta que se detecte alta conductividad en el efluente o hasta que se alcance una producción de agua desmineralizada prefijada por el operador de la planta. Esta situación se acusará mediante alarma en la pantalla de operación y provocará la parada de la cadena en cuestión.
- l) La regeneración se iniciará manualmente, desde la pantalla de operación (SCADA) de la planta, o automáticamente, según la secuencia establecida en el PLC del proceso de regeneración, y continuará de forma automática hasta su completa finalización, pudiéndose realizar desde la pantalla de operación de la planta cualquier maniobra de regeneración que se requiera.
- m) Los filtros de cartucho dispondrán de un by-pass de accionamiento manual.

3.3 ACCESO A LAS OBRAS

No se construirá ningún tipo de acceso para no dañar el entorno en el que se sitúa la estructura. Cualquier alteración ocasionada deberá ser restaurada al finalizar la obra. Los transportes hasta el emplazamiento se realizarán en helicóptero.

3.4 PRESENCIA EN OBRA

El contratista deberá presentarse en la obra siempre que le convoque la Dirección Facultativa de la misma.



3.5 ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS

El contratista tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra y de los medios de acceso. La Propiedad pondrá gratuitamente a disposición del contratista, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

También pondrá la Propiedad gratuitamente a disposición del contratista, los terrenos de su propiedad y que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

3.6 DIRECCIÓN DE LA OBRA

Para la Dirección Facultativa de obra, será designado un técnico competente.

3.7 FINALIDAD DE LAS VISITAS DE OBRA

Serán realizadas por la Dirección Facultativa de obra. Estas serán el medio normal de que se sirva la Dirección para resolver cualquier tipo de cuestión relacionada con la ejecución de los trabajos y cursar las órdenes oportunas al Contratista, o en su defecto al jefe de obra (Encargado), y a cada uno de los industriales que en dicho momento estén trabajando en la obra.

Las visitas atenderán a los siguientes puntos específicos:

- Comprobar que las obras se realizan ajustadas al proyecto aprobado, exigiendo al Contratista el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Definir aquellas condiciones técnicas que el Pliego de Prescripciones deje a decisión del momento.
- Resolver cuantas cuestiones técnicas surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de los materiales y ejecución de las unidades de obra.
- Participar en la recepción provisional y definitiva, dando su conformidad a las certificaciones conforme a las normas legalmente establecidas.



3.8 LIBRO DE ÓRDENES

En la obra tendrá el contratista un libro de órdenes, convenientemente diligenciado y visado, en el que se reflejarán las órdenes oportunas a lo largo del desarrollo de las obras, firmándose la hoja correspondiente, dándose el contratista por enterado de las mismas. El cumplimiento de estas órdenes, es tanto obligatorio por el contratista como las condiciones constitutivas del pliego.

En todo aquello no definido en el presente Pliego de Condiciones Técnicas, se estará a lo dispuesto y especificado en el Pliego General de Condiciones Técnicas de la Edificación, redactado por la Dirección General de Arquitectura.

3.9 VIGILANCIA Y POLICÍA EN LAS OBRAS

El contratista es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto del contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y con la representación de la Propiedad. En caso de conflicto de cualquier clase, que pudiera implicar alteraciones del orden público, corresponde al contratista la obligación de ponerse en contacto con las autoridades competentes y convenir con ellos y disponer las medidas adecuadas para evitar incidentes.

3.10 EMPLEO DE MATERIALES NUEVOS PERTENECIENTES A LA PROPIEDAD

Cuando fuera de las previsiones del contrato, la Propiedad juzgue conveniente emplear materiales nuevos que le pertenezcan, el contratista no podrá oponerse a ello y las condiciones que regulen este suministro serán establecidas de común acuerdo o, en su defecto, se establecerá mediante arbitraje de Derecho Privado.

3.11 USO ANTICIPADO DE LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS

La Propiedad se reserva el derecho de hacer uso de las partes de la obra contratada, antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado



en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

Si la Propiedad deseara hacer uso del citado derecho se lo comunicará al contratista con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho no implica recepción provisional de la zona afectada.

3.12 PLANES DE OBRA Y MONTAJE

Independientemente del plan de trabajo que los contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas, el contratista presentará con posterioridad a la firma del contrato, un plan más detallado. Se indicará el plazo máximo a partir de la formalización del contrato, en el que debe presentarlo y tipo de programa exigido. Este plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y finales fijados, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

3.13 PLAZOS DE EJECUCIÓN

Se establecerán los plazos parciales y plazo final de terminación a los que el contratista deberá ajustarse obligatoriamente. Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesarios para la consecución de otras fases de la construcción o montaje.

Estas obras o conjunto de obras que condicionan un plazo parcial, se definirán bien por un estado de dimensiones, bien por la posibilidad de prestar en ese momento y sin restricciones, el uso, servicio o utilización que de ellas se requiere.

En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición, será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de contrato, salvo que el importe de la Obra realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

Para valorar a estos efectos la obra realizada, no se tendrá en cuenta los aumentos del coste producidos por revisiones de precios y sí únicamente los aumentos reales del volumen de obra. En el caso de que el importe de la Obra realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y finales se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10 %.



3.14 RETENCIONES POR RETRASOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al contratista, tendrán como sanción económica para cada mes la retención por la Propiedad, con abono a una cuenta especial denominada "Retenciones", del 50% de la diferencia entre el 90% de la Obra que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras complementarias.

El contratista que en meses sucesivos realizase Obra por un valor superior a lo establecido en el Plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar de la cuenta de Retenciones la parte proporcional que le corresponda.

Cuando se alcance el plazo total previsto para la ejecución de la obra con un saldo acreedor en la cuenta de Retenciones quedará éste bloqueado a disposición de la Propiedad para responder de las posibles multas y sanciones correspondientes a una posible rescisión. En el momento de la total terminación y liquidación de la obra contratada, se procederá a saldar esta cuenta abonando al contratista el saldo acreedor si lo hubiere, exigiéndole el deudor si así resultase.

3.15 INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y MULTAS

En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al contratista, satisfará éste las multas con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sucesivamente sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros contratistas, lesionando los intereses de estos, la Propiedad podrá hacer repercutir sobre el contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la Propiedad en los suministros a que venga obligada la Propiedad, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado por la Propiedad como retaso producido de acuerdo con lo establecido en el apartado correspondiente de este Pliego de Condiciones Particulares.



3.16 SUPRESIÓN DE LAS MULTAS

Cuando la Propiedad advierta de la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje, no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la Propiedad podrá diferir a la nueva fecha de terminación, y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

3.17 PREMIOS Y PRIMAS

La Propiedad podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

La Propiedad podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al contratista o de fuerza mayor.

3.18 RETRASOS OCASIONADOS POR LA PROPIEDAD

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la Propiedad, o interferencias ocasionadas por otros contratistas, serán valorados por la Dirección de la Obra, después de oír al contratista, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

Para efectuar ésta, la Dirección Técnica tendrá en cuenta la influencia sobre la parte de obra realmente afectada, y la posibilidad de adelantar la ejecución de obras y unidades de obras, cuya realización estuviese prevista para fecha posterior.

3.19 DAÑOS Y AMPLIACIÓN DE PLAZO EN CASO DE FUERZA MAYOR

Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido



negligente soportará sus consecuencias. Si fuese por completo ajena a la actuación del contratista el riesgo sobre la obra ejecutada será soportado por la Propiedad en cuanto a las unidades de que se hubiese hecho previa medición.

Si por causa de fuerza mayor no imputable al contratista hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la Propiedad con la mayor prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la Propiedad deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del contratista.

3.20 MEDICIONES DE LAS UNIDADES DE OBRA

Servirán de base para la medición y posterior abono de las obras los datos del replanteo general y los replanteos parciales que haya exigido el curso de la obra; los vencimientos y demás partes ocultas de las obras, tomados durante la ejecución de los trabajos y autorizados con las firmas del contratista y del Director de la Obra; la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de las obras de fábrica y accesorias y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en este Pliego Particular de Condiciones, o en los Pliegos oficiales que se citen como preceptivos. En ningún caso podrá alegar al contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en este Pliego Particular de la obra, o en su defecto, con las establecidas en el presente Pliego de Condiciones Generales.

El contratista no podrá dejar de firmar las mediciones. En caso de negarse a hacerlo, podrá levantarse acta notarial a su cargo. Si la firmara con reservas, dispondrá de un plazo de 10 días a partir de la fecha de redacción de las mismas para formular por escrito sus observaciones. Pasado el plazo, las mediciones se suponen aceptadas sin reserva alguna.

3.21 CERTIFICACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección Técnica de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones. Corresponderá a la empresa la redacción de dichas certificaciones.

Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas. Las certificaciones mensuales se deben entender siempre como



abonos a buena cuenta, y en consecuencia, las mediciones de unidades de obras y los precios aplicados no tienen el carácter de definitivos, pudiendo surgir modificaciones en certificaciones posteriores y definitivamente en la liquidación final.

Si el contratista rehusase firmar una certificación mensual o lo hiciese con reservas por no estar conforme con ella, deberá exponer por escrito y en el plazo máximo de diez días, a partir de la fecha de que se requiera para la firma, los motivos que fundamenten su reclamación e importe de la misma. La Propiedad considerará esta reclamación y decidirá si procede atenderla.

Tanto en las certificaciones, como en la liquidación final, las obras serán en todo caso abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, o a los precios contradictorios fijados en el transcurso de la obra, de acuerdo con el epígrafe siguiente:

- Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre al Director de Obra y el contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos.
- La Dirección Técnica de Obra podrá exigir para su comprobación la presentación de los documentos necesarios que justifique la descomposición del precio presentado por el contratista.
- La negociación del precio contradictorio será independiente de la ejecución de la unidad de obra de que se trate, viniendo obligado el contratista a realizarla, una vez recibida la orden correspondiente. A falta de acuerdo se certificará provisionalmente a base de los precios establecidos por la Propiedad.
- Cuando circunstancias especiales hagan imposible el establecer nuevos precios, o así le convenga a la Propiedad, corresponderá exclusivamente a esta Sociedad la decisión de abonar estos trabajos en régimen de administración, aplicando los baremos de mano de obra, materiales y maquinaria, aprobados en el contrato.

3.22 ABONO DE UNIDADES INCOMPLETAS O DEFECTUOSAS

La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el contratista vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha



reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas. De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

Cuando existan obras defectuosas o incompletas y la Propiedad considere, que a pesar de ello puedan ser aceptables para el fin previsto, se abonarán teniendo en cuenta la depreciación correspondiente a las deficiencias observadas. Se fijarán resistencias, densidades, grados de acabado, tolerancias en dimensiones, etc.

Se podrá hacer una proporcionalidad con las obtenidas, siempre que sean admisibles, o bien fijar de entrada una depreciación en los precios de un 10% para las obras defectuosas pero aceptables.

3.23 RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS

A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas, hayan sido terminadas, el contratista lo pondrá en conocimiento de la Propiedad, mediante carta certificada.

La Propiedad procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al contratista por escrito, al menos con 15 días de anticipación. Si el contratista no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.

Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

3.24 PLAZO DE GARANTÍA

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

Durante el plazo, será de cuenta del contratista la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de estas, hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la Propiedad.

Si el contratista incumpliese lo estipulado en el párrafo anterior, la Propiedad podrá encargar a terceros la realización de dichos trabajos o ejecutarlos directamente por administración, deduciendo su importe del fondo de garantía y si no bastase, para cubrir el importe de los gastos en dichos trabajos de reparación, de la fianza definitiva.



3.25 RECEPCIÓN DEFINITIVA DE LAS OBRAS

Una vez transcurrido el plazo de garantía fijado se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado para la recepción provisional.

En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el contratista no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del contrato por parte del contratista, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años. Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del contratista.

3.26 LIQUIDACIÓN DEFINITIVA DE LAS OBRAS

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para valoración de las mismas. La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el contratista no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva. También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Pliego de condiciones particulares



Capítulo 4 PLIEGO DE CONDICIONES ELÉCTRICO

4.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES

4.1.1 GENERALIDADES

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

4.1.2 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Línea general de alimentación

Los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o de aluminio, unipolares y aislados, siendo su nivel de aislamiento de 0,6/1 kV. La sección mínima de dichos cables será de 10 mm² en cobre o 16 mm² en aluminio.

Según ITC BT 14 en su apartado 1 las líneas generales de alimentación estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 - 2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.



Derivaciones individuales

Según ITC BT 15 en su apartado 1, las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 - 2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

Los conductores a utilizar serán de cobre, unipolares y aislados, siendo su nivel de aislamiento 450/750 V. Para el caso de multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de 0,6/1 kV. La sección mínima de los conductores será de 6 mm² para los cables polares, neutro y protección.

Según la Instrucción ITC BT 16, con objeto de satisfacer las disposiciones tarifarias vigentes, se deberá disponer del cableado necesario para los circuitos de mando y control. El color de identificación de dicho cable será el rojo, y su sección mínima será de 1,5 mm².

Circuitos interiores

Los conductores eléctricos empleados en la ejecución de los circuitos interiores serán de cobre aislados, siendo su tensión nominal de aislamiento de 750 V.

La sección mínima de estos conductores será la fijada por la instrucción ITC BT 19.

En caso de que vayan montados sobre aisladores, los conductores podrán ser de cobre o aluminio desnudos, según lo indicado en la ITC BT 20.

Los conductores desnudos o aislados, de sección superior a 16 milímetros cuadrados, que sean sometidos a tracción mecánica de tensado, se emplearán en forma de cables.



4.1.3 CONDUCTORES DE NEUTRO

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

4.1.4 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Cuando la conexión de la toma de tierra se realice en el nicho de la CGP, por la misma conducción por donde discurra la línea general de alimentación se dispondrá el correspondiente conductor de protección.

Según la Instrucción ITC BT 26, en su apartado 6.1.2, los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que estos y su sección será la indicada en la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.3.

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.



Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

4.1.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

4.1.6 TUBOS PROTECTORES

Clases de tubos a emplear

Las líneas generales de alimentación se instalarán en tubos con grado de resistencia al choque no inferior a 7, según la Norma UNE 20324. Cuando la alimentación sea desde la red aérea y la CGP se coloque en fachada, los conductores de la línea general de alimentación estarán protegidos con tubo rígido aislante, curvable en caliente e incombustible, con grado de resistencia al choque no inferior a 7, desde la CGP hasta la centralización de contadores.

En edificios de hasta 12 viviendas por escalera, las derivaciones individuales se podrán instalar directamente empotradas con tubo flexible autoextinguible y no propagador de la llama. En los demás casos, discurrirán por el interior de canaladuras empotradas o adosadas al hueco de la escalera, instalándose cada derivación individual en un tubo aislante rígido autoextinguible y no propagador de la llama, de grado de protección mecánica 5 si es rígido, y 7 si es flexible. La parte de las derivaciones individuales que discurra por fuera de la canaladura irá bajo tubo empotrado.



Los tubos empleados en la instalación interior de las viviendas serán aislantes flexibles normales en instalación empotrada.

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

4.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

4.2.1 COLOCACIÓN DE TUBOS

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad que proporcionan a los conductores.

Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se desee una unión estanca.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2



Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán en los tubos después de colocados éstos.

Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos, o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta además las siguientes prescripciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, 0.50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.



En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

Quando los tubos se coloquen empotrados se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

4.2.2 CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al



diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

4.2.3 APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.



4.2.4 APARATOS DE PROTECCIÓN

Protección contra sobrecargas

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobrecargas y cortocircuitos.

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

Se instalarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del abonado. Se establecerá un cuadro de distribución de donde partirán los circuitos interiores, y en el que se instalará un interruptor general automático de corte omnipolar que permita su accionamiento manual y que esté dotado de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local, y un interruptor diferencial destinado a la protección contra contactos indirectos.



En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución, o tipo de conductores utilizados.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión



Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no



sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión



soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.



Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

4.2.5 INSTALACIONES EN CUARTOS DE BAÑO O ASEO

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0.05 m por encima el suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.



En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

4.2.6 RED EQUIPOTENCIAL

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no féreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.



4.2.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.



Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

4.2.8 ALUMBRADO

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.



En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

4.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

4.3.1 COMPROBACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

4.3.2 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

4.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.



Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

4.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

4.6 LIBRO DE ÓRDENES

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

Presupuesto

Parte IV PRESUPUESTO



Capítulo 1 PRESUPUESTO

En este capítulo se realiza el presupuesto dividido en tres partes:

- Sistema de tratamiento
- Sistema eléctrico
- Edificio

1.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO

	Mediciones	Cantidad	€/medición	Precio
Sistema de pretratamiento				528.570,56 €
Suministro de filtros multimedia	ud	3	147.359,78	442.079,35 €
Instalación equipos	ud	3	25.612,11	76.836,33 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	3	3.218,29	9.654,88 €
Sistema de ósmosis inversa				1.036.085,44 €
Suministro de skids de ósmosis inversa	ud	2	451.675,90	903.351,80 €
Instalación equipos	ud	2	55.102,80	110.205,60 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	2	11.264,02	22.528,04 €
Desgasificador				112.435,22€
Suministro deL desgasificador	ud	1	101.693,10	101.693,10 €
Instalación de equipo	ud	1	7.982,59	7.982,59 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	1	2.759,53	2.759,53 €
Sistema de desmineralización				535.785,14 €
Suministro de lechos mixtos	ud	2	133.996,64	401.989,92 €
Instalación equipos	ud	2	38.944,16	116.832,48 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	2	5.654,25	16.962,74 €
Sistema de neutralización				167.113,59 €
Suministro de equipos	ud	2	38.222,38	114.667,13 €
Instalación equipos	ud	2	14.137,30	42.411,89 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	2	3.344,86	10.034,58 €
Sistema de potabilización				26.642,54 €
Suministro equipos	ud	1	4.473,94	13.421,82 €
Instalación equipos	ud	1	3.940,69	11.822,07 €
Pruebas y puesta en marcha	ud	1	466,22	1.398,66 €
			Total	2.406.632,50 €



1.2 SISTEMA ELÉCTRICO

	Mediciones	Cantidad	€/medición	Precio
Red de toma de tierras formada por Cuatro picas de cobre de 15mm de diámetro y 2m de longitud 140m de cable desnudo enterrado.	ud	4	28,00 €	112,00 €
	m	140	4,80 €	672,00 €
Canalización de bandeja metálica de acero con tapa. Suministro e instalación	ud	243	27,10 €	6.585,30 €
Cajas generales de protección. Suministro montaje y conexionado	ud	4	680,00 €	2.720,00 €
Líneas generales de alimentación Bombas RO1 y RO2 4x185mm+1x95mm de cobre RZ1K (AS) Resto de equipos en secciones varias	m	180	122,00 €	21.960,00 €
	m			11.380,00 €
Derivaciones individuales de cuadros a equipos. Suministro y conexionado bajo tubo	m			4.980,00 €
Cuadros de maniobra de equipos	ud	28	430,00 €	12.040,00 €
Sistema de alimentación ininterrumpida de 8kW	ud	2	4.704,00 €	9.408,00 €
Sistema externo de pararrayos tipo punta Franklin para protección de un volumen 12x25x40 nivel de protección 3 según C.T.E DB SUA.	ud			7.495,00 €
Sistema interno de protección contra sobretensiones de líneas de suministro eléctrico, telefónicas e informáticas.	ud			6.845,00 €
			TOTAL	84.197,30 €



1.3 EDIFICIO

	Mediciones	Cantidad	€/medición	Precio
Movimiento de tierras: Excavación y relleno extendido y compactación	m ³	1.099,00	7,87 €	8.643,70 €
Hormigón para limpieza y nivelación	m ³	121,00	101,40 €	12.269,56 €
Hormigón para armar cimentaciones resistente a sulfatos	m ³	838,44	104,41 €	87.538,89 €
Encofrado y desencofrado de madera	m ²	128,34	20,72 €	2.659,36 €
Suministro y colocación de acero corrugado	kg	76.246,58	1,21 €	92.258,36 €
Bloques huecos de hormigón	kg	1.449,50	27,97 €	40.541,08 €
Acero laminado de límite elástico fy=275 N/mm2 S275	kg	108.964,69	4,39 €	478.246,03 €
Falso techo de placas de escayola	m ²	143,92	19,22 €	2.766,38 €
Tabique de ladrillo hueco sencillo	m ²	224,49	23,19 €	5.206,54 €
Pintura plástica lisa mate color blanco, sobre guarnecido y enlucido de yeso o sobre enfoscado.	m ²	2.026,58	8,42 €	17.072,16 €
Cubierta de chapa de acero.	m ²	1.049,95	116,89 €	122.724,73 €
Acero laminado en placas de anclaje		11.142,66	4,57 €	50.906,67 €
Emparrillado electrosoldado	m ²	34,13	102,52 €	3.499,06 €
Puertas metálicas, con bastidor de perfiles tubulares y doble chapa plegada exterior galvanizada	m ²	40,70	111,77 €	4.549,01 €
Puerta de paso en madera	m ²	7,00	309,06 €	2.163,44 €
Ducha de emergencia combinada con lavajos tipo pedestal.	ud	2,00	371,40 €	742,80 €
Pintura especial para protección frente a productos químicos	m ²	70,47	59,39 €	4.185,39 €
TOTAL				935.973,17 €



1.3.1 Balsa de Efluentes. Obra

	Mediciones	Cantidad	€/medición	Precio
Movimiento de tierras: Excavación y relleno extendido y compactación	m ³	781,84	7,87 €	6.149,23 €
Hormigón para limpieza y nivelación	m ³	13,77	101,40 €	1.396,09 €
Hormigón para armar cimentaciones resistente a sulfatos	m ³	51,46	104,41 €	5.372,89 €
Hormigón para armar en muros y losas de fondo para balsas con hormigón	m ³	56,51	99,84 €	5.641,93 €
Encofrado y desencofrado de madera	m ²	21,85	20,72 €	452,77 €
Suministro y colocación de acero corrugado fy=500 N/mm ² , cortado, doblado, armado y colocado en obra.	kg	9.628,41	1,21 €	11.650,38 €
Barandilla formada por tubos en acero galvanizado soldados.	m	57,68	125,04 €	7.212,42 €
Pintura especial para protección frente a productos químicos	m ²	168,41	65,33 €	11.002,14 €
TOTAL				48.877,85 €

Presupuesto	
Sistema de tratamiento	2.406.632,50 €
Sistema eléctrico	84.197,3 €
Edificio	935.973,17 €
Balsa de efluentes. Obra civil	48.877,85 €
Total	3.475.680,82 €