



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADA EN FUEL PESADO

Autor: María Barrado de Solís
Director: Julio de San Sebastián Soria

Madrid
Agosto 2015

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

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

El autor D. ILARIA BARRADO DE SOUS , como ALUMNA 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 CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADA EN FUEL PESADO (PROYECTO FIN DE CARRERA)¹, 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.

2º. 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.

3º. 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) Reproducirla 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, a 24 de AGOSTO de 2015 .

ACEPTA

Fdo.....



Proyecto realizado por el alumno/a:

María Barrado de Solís

Fdo.: 

Fecha: 24/08/2015

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

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Julio de San Sebastián Soria

Fdo.: 

Fecha: 24/08/2015

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

José Ignacio Linares Hurtado

Fdo.:

Fecha://



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADA EN FUEL PESADO

Autor: María Barrado de Solís
Director: Julio de San Sebastián Soria

Madrid
Agosto 2015



CENTRAL DE TURBINAS DE GAS BASADA EN FUEL PESADO

Autor: María Barrado de Solís

Director: Julio de San Sebastián Soria

Entidad Colaboradora: Gas Natural Fenosa

RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es el diseño una de planta de turbinas a gas que utilizan como combustible fuel pesado para la producción de energía eléctrica.

El combustible que alimenta la central, fuel pesado o HFO proveniente de centro logístico de combustible, es almacenado en tanques con una capacidad para 14 días. Es aquí, mediante drenajes desde el fondo del tanque, donde se elimina la mayor parte del aguay con ello las sales que son perjudiciales para las turbinas de gas que contiene el fuel debido a la decantación que se produce por la variación de densidad entre ambas sustancias.

El fuel bruto es bombeado hacia la planta de tratamiento de fuel. El proceso de tratamiento del fuel comienza con una filtración a la que le sigue la adición de un elemento demulsificador, para prevenir la emulsión en las etapas posteriores.

Después de este primer módulo el fuel es recalentado mediante unos recuperadores de calor y enviado al módulo de tratamiento, donde se mezcla con agua desmineralizada proveniente de la planta de tratamiento de agua y por un proceso de centrifugación reduce la concentración de sales hasta la permitida para poder ser quemado en la isla de potencia.



El HFO no sólo alimenta a la isla de potencia, también se utiliza en las calderas auxiliares que producen el agua sobrecalentada que acompaña los conductos de fuel pesado para mantenerlo a la temperatura en la que su viscosidad no impida que flujo del mismo.

La isla de potencia está formada por dos turbinas de gas con posibilidad de quemar combustible líquido y en concreto fuel pesado, y con capacidad de producir 200 MW eléctricos netos. Las turbinas de gas van acompañadas por todos sus elementos auxiliares, además de los transformadores para la entrega de energía a la red y los que transforman parte de esa energía para alimentar a los consumos propios de la central.

Esta central precisa de agua desmineralizada, tanto para la planta de tratamiento de fuel como para reducir las emisiones de NOx en las turbinas de gas. Mediante un proceso de captación se toma del mar el agua bruta. Desde aquí es bombeada hacia la planta de tratamiento de agua. En una primera fase el agua es filtrada para más adelante ser desalada mediante un proceso de ósmosis inversa. Parte del agua osmotizada se acondiciona para producir agua potable. El caudal de agua que continúa el proceso pasa por una segunda fase de ósmosis, que consta de dos etapas, para llegar a la parte final del proceso, la electrodesionización donde se consigue la conductividad requerida.

Los arranques, paradas y limpiezas de las turbinas se realizan utilizando Gasoil como combustible. Para estos fines se prevé un tanque para su almacenamiento con una capacidad de 5000 m³.

La planta generará 200 MW eléctricos netos, para ello se necesita un flujo de 62 m³/h de fuel tratado y 43 m³/h de agua desmineralizada.



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

Resumen

Por último, se ha realizado el presupuesto de las instalaciones resultando un total de 86.250.000 €.



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

Resumen





HEAVY FUEL OIL BASED GAS TURBINE POWER PLANT

Author: María Barrado de Solís

Director: Julio de San Sebastián Soria

Collaborating institution: Gas Natural Fenosa

ABSTRACT

The aim of the present Project is to design a heavy oil based gas turbine power plant for electricity production.

The fuel that feeds the plant, heavy fuel oil or HFO from a fuel logistics center, is stored in tanks with a capacity for 14 days. Here, most of the water carried by the fuel is removed, and with this water, most of the impurities of HFO.

The raw fuel is pumped to the treatment plant fuel. The treatment process begins with a fuel filter which is followed by the addition of a demulsifier element to prevent the emulsion in the later stages.

After this first module the fuel is heated by a heat recovery and sent to the processing module, where it is mixed with demineralised water from the plant water treatment and by a centrifugation process reduces the salt concentration to the allowable to be burned in the power island.

The power island consists of two gas turbines with the possibility of burning fuel oil and heavy fuel oil in particular, producing 200 MWe. Gas turbines are supplied with all its auxiliaries, and with the transformers for the grid power



transfer and the transformers to convert some of that energy to feed the auxiliaries of the plant.

This plant requires demineralized water for both fuel treatment plant and to reduce NO_x emissions on the power island of. The raw water is taken from the sea, from here it is pumped to the water treatment plant. In a first phase the water is filtered to later be desalted by a process of reverse osmosis. Part of osmotic water is conditioned to produce potable water. The continuous flow of water goes through a process of osmosis second phase, which consists of two stages to, reach the final part of the process, electrodesionization to achieve the required conductivity.

Startups, shutdowns and maintenance of the turbines are made by using Diesel fuel. The oil not only feeds the power island. A tank with 5000 m³ of capacity is provided for this purpose.

The power plant will generate 200 MW, by consuming 62 m³ / h of treated fuel and 43 m³ / h of demineralized water.

Finally, the budget of this project is 86,250,000. €.



Índice del proyecto

- I. Memoria
- II. Anexos
- III. Planos
- IV. Pliego de Condiciones
- V. Presupuesto

Parte I MEMORIA



Índice de la memoria

Capítulo 1	Introducción	3
1.1	Motivación del proyecto	6
1.2	Objetivos	7
1.3	Metodología / Solución desarrollada	8
1.4	Recursos / herramientas empleadas	8
Capítulo 2	Memoria Descriptiva	9
2.1	Antecedentes	9
2.2	Caracterización del emplazamiento	9
2.2.1	Localización	9
2.2.2	Condiciones meteorológicas	10
2.2.2.1	Temperatura del aire	10
2.2.2.2	Hidrometría	10
2.2.3	Condicionantes ambientales	11
2.2.3.1	Límites de emisiones	11
2.3	Descripción de los sistemas fundamentales	12
2.4	Descripción de las Islas de Potencia	15
2.4.1	Turbina de gas	15
2.4.1.1	Compresor	16
2.4.1.2	Sistema de combustión	18
2.4.1.3	Turbina	19
2.4.2	Elementos auxiliares principales	20
2.4.2.1	Sistema de escape lateral	20
2.4.2.2	Sistema de lubricación	21
2.4.2.3	Sistema de alimentación	21
2.4.2.3.1	Sistema de alimentación de fuel pesado	21
2.4.2.3.2	Sistema de alimentación de Gasoil	22
2.5	Sistema auxiliares – Balance of plant (BOP)	24



2.5.1	Planta de tratamiento de fuel.....	24
2.5.1.1	Propiedades del fuel líquido	24
2.5.1.2	Estudio de las posibles alternativas	25
2.5.1.3	Descripción del proceso	26
2.5.1.3.1	Primera etapa: Sistema de tratamiento de fuel.....	27
2.5.1.3.2	Segunda etapa: Filtración	28
2.5.1.3.3	Tercera etapa: Inhibición	28
2.5.1.4	Diseño Básico de la Planta	28
2.5.1.4.1	Módulo de filtrado, bombeo y demulsificación	30
2.5.1.4.2	Módulo de recuperación de calor.....	30
2.5.1.4.3	Módulo de tratamiento de fuel.....	31
2.5.1.4.4	Módulo de tratamiento de agua residual.....	32
2.5.1.4.5	Módulo recuperación de calor y filtrado.....	33
2.5.2	Planta de tratamiento de agua.....	34
2.5.2.1	Descripción del proceso	34
2.5.2.2	Diseño de la planta	36
2.5.2.2.1	Acondicionamiento químico del agua bruta	36
2.5.2.2.2	Filtración multietapa.....	37
2.5.2.2.3	Ósmosis inversa.....	38
2.5.2.2.4	Electrodesionización.....	39
2.5.3	Tanques de almacenamiento	41
2.5.3.1	Tanques de agua	41
2.5.3.2	Tanques de combustible	41
2.5.3.2.1	Almacenamiento de fuel	41
2.5.3.2.2	Almacenamiento de Gasoil.....	42
2.5.4	Otros sistemas auxiliares.....	43
2.5.4.1	Calderas auxiliares	43
2.5.4.2	Grupo de emergencia.....	44
2.5.4.3	Sistema antiincendios	44
2.5.4.3.1	Equipos manuales del sistema antiincendios	44
	Depósitos de almacenamiento de agua contra incendios	45
	Bombas	45
	Extintores.....	45
2.5.4.4	Sistema de aire comprimido	46
2.5.4.5	Sistema de agua potable	47
2.5.4.6	Sistema de agua de servicios	47
2.6	Descripción del sistema eléctrico.....	48



2.6.1 Sistema eléctrico de la central	48
2.6.1.1 Alta Tensión	48
2.6.1.2 Media tensión	49
2.6.1.3 Baja tensión	49
2.6.1.4 Sistema de corriente continua.....	50
2.6.1.5 Sistema de tensión segura.....	50
2.6.2 Esquema unifilar de la planta.....	51
2.7 Sistema de Control	52
2.7.1 Interfases de señales con el DCS (Sistema de Control Distribuido)	52
2.7.2 Control Local	53
Capítulo 3 Cálculos.....	55
3.1 Isla de potencia	55
3.2 Balance de la planta de tratamiento de agua	56
3.3 Diagrama de flujo.....	58
3.4 Cálculo de cargas.....	58
Capítulo 4 Cierre de ciclo	61
4.1 Introducción.....	61
4.1.1 Ventajas del Ciclo Combinado.....	63
4.2 Sistema eléctrico	63
4.3 Esquema del ciclo	64
4.3.1 Caldera de recuperación.....	64
4.3.2 Turbina de Vapor	66
4.4 Funcionamiento de la planta	68
Bibliografía 71	



Índice de figuras

Figura 1-1- Esquema de ciclo Brayton.....	4
Figura 1-2- Diagrama seccionado del ciclo Brayton.....	5
Figura 2-1- Disposición general	12
Figura 2-2- Turbina de Gas 9E.....	16
Figura 2-3- Álabes fijos y móviles	17
Figura 2-4- Sistema de bajo NOx.....	19
Figura 2-5- Chimeneas	20
Figura 2-6- Esquema del sistema de alimentación	23
Figura 2-7- Efecto de la temperatura y el contenido en vanadio en la tasa de deposición.....	26
Figura 2-8- Descripción del proceso	27
Figura 2-9- Módulo de tratamiento de fuel	32
Figura 2-10- Módulo de recuperación de calor	33
Figura 2-11- Membrana de ósmosis inversa	35
Figura 2-12- Filtro multimedia.....	38
Figura 2-13. Proceso de ósmosis inversa	39
Figura 2-14- Proceso de electrodesinización.....	40
Figura 2-15- Tanques de almacenamiento	42
Figura 2-16- Calderas auxiliares	43
Figura 2-17- prueba del sistema antiincendios.....	46
Figura 2-18-Transformador principal.....	48



Figura 4-1-Esquema de ciclo cerrado.....	62
Figura 4-2-Caldera de recuperación	64
Figura 4-3- Rotor de una turbina de vapor	66
Figura 4-4- Turbina de vapor	67
Figura 4-5- Ciclo Combinado.....	68



Índice de tablas

Tabla 2-1-Hidrometría.....	10
Tabla 2-2-Límite de emisiones.....	12
Tabla 2-3- Efectos de los componentes metálicos del HFO	25
Tabla 2-4- Propiedades del fuel bruto	29
Tabla 3-1- consumos de la PTA	58
Tabla 3-2- consumos de la PTF.....	59



Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es el diseño de una planta de turbinas de gas que utilizan como combustible fuel pesado, para la generación de energía eléctrica.

Dentro del sistema de suministro eléctrico se pueden diferenciar tres actividades: la generación, que produce la energía necesaria para satisfacer el consumo; el transporte, que permite transferir la energía producida hasta los centros de consumo; y la distribución, que hace posible que la energía llegue a los clientes finales.

La energía eléctrica no se puede almacenar, por lo que debe existir un equilibrio constante entre la producción y el consumo.

Dentro de la actividad de generación, en las denominadas centrales térmicas convencionales se produce energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, en este caso fuel pesado.

Dicha conversión se logra a partir de un ciclo de potencia, que transforma en trabajo la energía térmica suministrada. Dentro de las principales centrales para producción eléctrica se encuentran las centrales térmicas de ciclo abierto o ciclo Brayton.

El ciclo Brayton más sencillo comprende tres procesos, llevado a cabo en una turbina de gas:

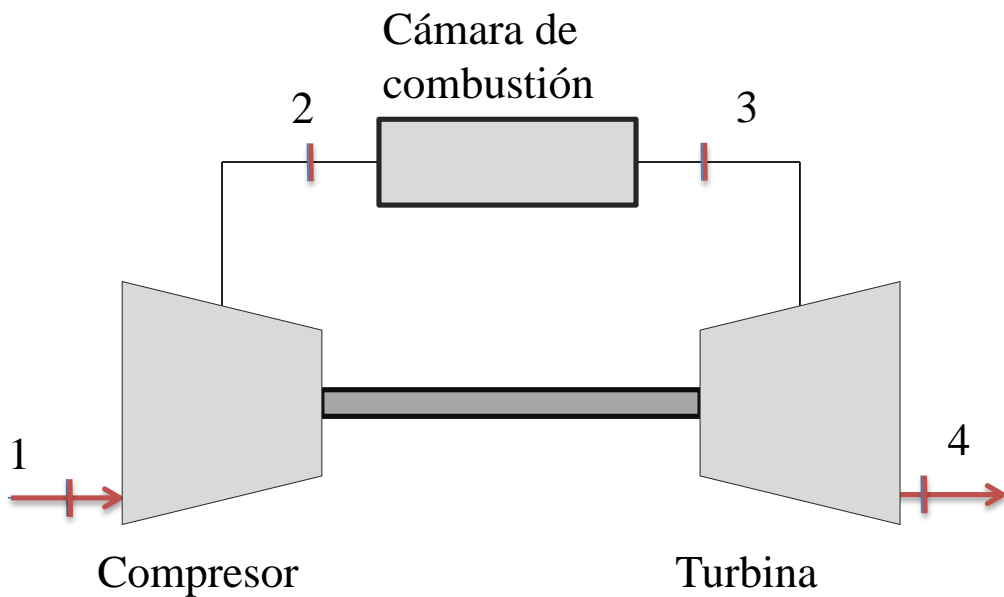


Figura 1-1- Esquema de ciclo Brayton

Compresión. Se toma aire atmosférico y se eleva su presión (también su temperatura) en un compresor adiabático.

Combustión. El aire que sale del compresor se envía a una cámara de combustión donde reacciona con un cierto combustible, que es inyectado a la misma presión. Con objeto de controlar la temperatura de los productos la combustión se realiza con un importante exceso de aire.

Expansión. Los productos de la combustión se dirigen a la turbina adiabática donde se expanden produciendo trabajo, parte del cual se dirige al compresor y el resto constituye el trabajo neto del ciclo.

La Figura 1-2 muestra un diagrama seccionado del ciclo de Brayton básico con los tres elementos mencionados. En este esquema se incluye también el alternador, receptor en este caso del trabajo neto.

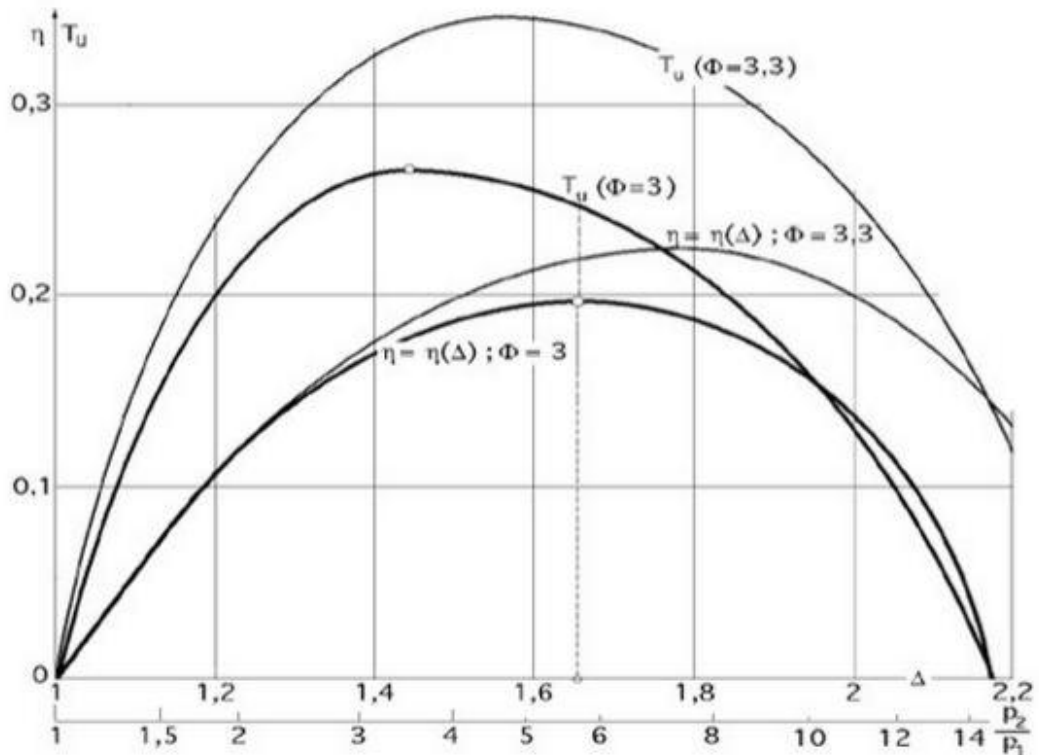


Figura 1-2- Diagrama seccionado del ciclo Brayton

En este tipo de ciclos en la etapa de compresión se demanda una gran cantidad de trabajo. Para cuantificar este fenómeno se define la relación de retroceso dada por el ratio del trabajo consumido por el compresor frente al producido por la turbina. Evidentemente cuando dicho ratio se hace unitario deja de producirse trabajo neto en el ciclo, pasando a ser nulo el rendimiento. Este fenómeno es el responsable de la caída de rendimiento en ciclos reales, e incluso del límite del rendimiento en el ciclo ideal.

El ciclo de Brayton se caracteriza por su compacidad y por las altas temperaturas que necesita en la entrada de la turbina, además de consumir mucho trabajo en la compresión y operar con aire. Por otra parte, el ciclo de Brayton constituye una máquina de combustión interna, pues son los productos de la combustión los que se expanden en la turbina. Pese a ello el tratamiento de las propiedades del fluido de trabajo se realiza como gas perfecto, dado que la relación aire/combustible es muy elevada (superior a 50:1). Es frecuente en el modelado también excluir las pérdidas de presión en la cámara de combustión.



En el ciclo de brayton simple el aire es aspirado del ambiente por un compresor que eleva su presión para enviarlo seguidamente a una cámara de combustión donde recibe calor y finalmente se expande en la turbina, de la que se dirige al ambiente. En el caso del ciclo ideal el rendimiento crece con la relación de presiones hasta alcanzar el de Carnot asociado a las temperaturas de entrada en turbina y compresor; en los casos reales presenta un máximo. Siempre el trabajo neto producido presenta un máximo siendo nulo para la relación de presiones y para aquella que el trabajo del compresor iguala al de la turbina (sin ser nulos ambos) la relación de presiones de máximo rendimiento resulta mayor que la de máximo trabajo.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

En zonas donde prima la generación mediante recursos hidráulicos, una época de sequía genera un déficit a la hora de abastecer energéticamente a la población. La imposibilidad actual de utilizar gas natural junto con la proximidad a un centro logístico de combustible, facilita la elección de HFO como combustible principal de la central, ya que el precio de éste es menor que el de un combustible líquido destilado como el Gasoil.

El desafío a la hora de usar fuel pesado como combustible reside en la impureza de éste. A pesar de haber sido tratado, no es compatible con cualquier turbina de gas, y existen poco modelos fiables de este nivel de potencia.



1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el diseño básico de una central térmica de turbina a gas capaz de quemar fuel pesado. Al no ser una planta convencional requiere un estudio previo de las posibles soluciones para poder llevarlo a cabo.

El proyecto se ha desarrollado a partir de este estudio, en el cual quedará definida la ingeniería básica optimizada de la planta de tratamiento de fuel y la turbina a emplear, así como las medidas adicionales que conlleva transportar y almacenar este tipo de fuel.

El número de turbinas y por lo tanto la potencia de la planta, queda limitado por cuestión de espacio disponible para la central. La energía es suministrada por unidades de 100MW quemando HFO. La turbina de gas elegida puede quemar gas natural, ya que se prevé la llegada del gas y por lo tanto la planta tiene que estar preparada para cierre del ciclo mediante calderas de recuperación y una turbina de vapor.

En cuanto a los tanques de almacenamiento se atienen a la normativa de la zona en cuestión. Se considera el diseño de tanques para el fuel pesado bruto, fuel pesado tratado y fuel pesado certificado, en cuanto a combustible se refiere. Además es necesario un tanque que almacene gasoil, que se empleará en el arranque, parada y limpieza de las turbinas.

Seguidamente se ha analizado la planta de tratamiento de agua necesaria para obtener agua desmineralizada que se usará en el tratamiento del HFO y en la turbina de gas para la reducción de NOx. Dentro de la planta de tratamiento de agua se tienen en consideración tanques para el agua bruta y tanques de agua desmineralizada.

Se ha planteado el diagrama de flujo de la planta y se ha definido el sistema eléctrico de la misma, esquema de alta, media y baja tensión y corriente continua.

En este proyecto no se ha contemplado la obra civil, sin embargo si se tiene en cuenta en el presupuesto.



1.3 METODOLOGÍA / SOLUCIÓN DESARROLLADA

La memoria descriptiva reúne el conjunto de pasos a seguir para la realización del proyecto:

El estudio previo de las centrales térmicas de ciclo tanto simple como combinado, el aprovechamiento de la energía térmica y la generación eléctrica mediante alternador.

El diseño de la central, que sigue el siguiente esquema:

- Sistema eléctrico de la central
- Sistema de control
- Isla de potencia
- Planta de tratamiento de Fuel
- Planta de tratamiento de agua
- Almacenamiento de Combustible y Agua
- Sistemas auxiliares
- Planos generales de la planta

Para finalizar, como estudios complementarios para la instalación, se ha analizado el el cierre de ciclo y se ha realizado el presupuesto del proyecto original.

1.4 RECURSOS / HERRAMIENTAS EMPLEADAS

Se han utilizado los siguientes programas y herramientas para la realización de este proyecto:

- Autocad: Se usará en la elaboración de planos.
- Microsoft Office: Herramienta para la realización de cálculos, presentaciones y la memoria del proyecto.
- Thermoflow: En la comparación de turbinas de gas y para el paso a ciclo cerrado.
- Visio: en la realización del esquema de control.



Capítulo 2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 ANTECEDENTES

El objeto final del proyecto es la realización, de la una central de producción eléctrica basada en una configuración de 2 turbinas de gas, en ciclo abierto, con una potencia total neta instalada de aproximadamente 200 MW.

El alcance de este proyecto fin de carrera cubrirá el diseño básico de esta planta.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

2.2.1 LOCALIZACIÓN

A efectos de este proyecto, el emplazamiento considerado para la nueva instalación es genérico, suficientemente alejado de cualquier núcleo urbano o industrial próximo al que poder afectar o por el que se pueda ver afectado debido a su actividad normal.

El terreno disponible para la instalación es de aproximadamente 350 m x 200 m (70.000 m²), situándose al borde del mar, con un clima típicamente mediterráneo.

El establecimiento no comparte ningún tipo de servicio con otra instalación próxima, además no afecta ni se ve afectada por cualquier otra instalación dispuesta en las proximidades.



2.2.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

2.2.2.1 *Temperatura del aire*

Las temperaturas medias mensuales están comprendidas entre 11,1 °C en enero y 24,3 °C en julio.

La temperatura media anual del aire es de 17,7 °C

2.2.2.2 *Hidrometría*

La humedad relativa diaria varia, entre 65% y 90%

Se debe prestar atención al problema de la salinidad del aire debido a la exposición del sitio de la espuma del mar y la niebla salina. Deben tomarse todas las precauciones para evitar los efectos corrosivos.

Para el diseño térmico, mecánico y optimización de la instalación se tendrán en cuenta los valores de diseño recogidos en el siguiente resumen:

Tabla 2-1-Hidrometría

Medida	Unidad	Valor
Altitud	msnm	17m
Situación geográfica	-	Zona costera
Temperatura ambiente nominal de diseño	°C	18,0
Temperatura ambiente mínima	°C	1,9
Temperatura ambiente máxima	°C	46,1
Humedad relativa nominal	%	80



Humedad relativa mínima	%	25
Humedad máxima relativa	%	90
Velocidad máxima del viento	km/h	126
Velocidad media máxima del viento	km/h	14,4
Velocidad media mínima del viento	km/h	7,2
Intensidad máxima de la precipitación	l/s	0.043
Intensidad máxima de las precipitaciones (10 años)	l/s	0.03
Salinidad del agua	-	elevada
Otros contaminantes	-	Polvo de carbón
Nivel de polvo	-	elevado
Carga de nieve	-	N/A
Criterios sísmicos para los equipos	zona UBC	2A
Aceleración sísmica horizontal	-	0.15g

2.2.3 CONDICIONANTES AMBIENTALES

2.2.3.1 Límites de emisiones

Las emisiones de NO_x y CO no pueden superar en funcionamiento (T^a ambiente entre 1,9°C a 46,1°C) los valores siguientes:



Tabla 2-2-Límite de emisiones

Contaminante	
NOx, ppmv b.s. al 15% O ₂	146
CO, ppmv b.s. al 15% O ₂	25

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS FUNDAMENTALES

El fin último de la instalación es la generación de energía eléctrica basándose en una tecnología de turbinas de gas que mando combustible líquido. Para ello es preciso tener en cuenta los siguientes sistemas principales:

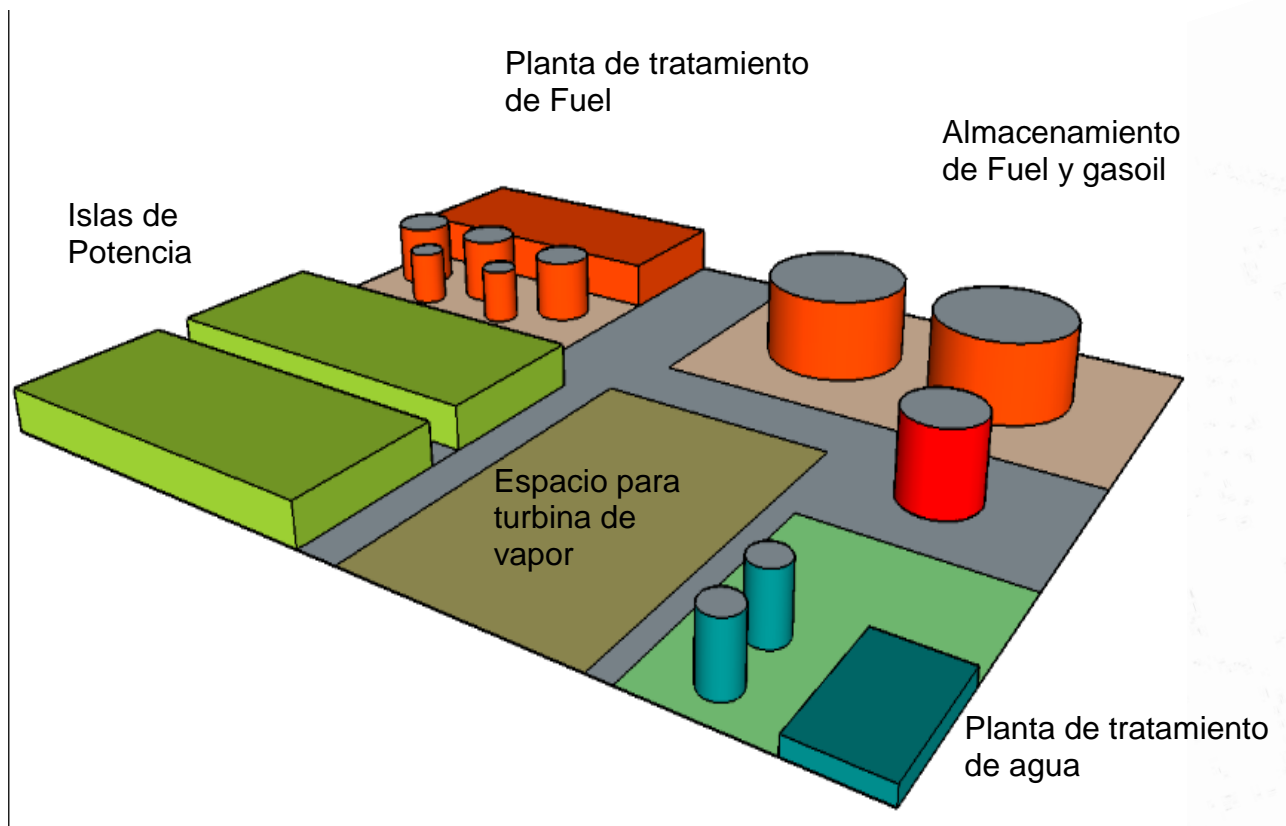


Figura 2-1- Disposición general



Islas de potencia

Está formada por los dos grupos de turbina de gas-alternador, así como el resto de equipos y sistemas auxiliares directamente asociados (transformador principal, transformador auxiliar, equipos de lubricación, equipos de admisión de aire, etc.).

En el espacio reservado para este sistema se tiene en cuenta la futura ocupación de las calderas de recuperación del ciclo combinado.

Sistemas auxiliares

Planta de tratamiento de fuel

El fuel bruto proveniente de una refinería cercana, necesita ser tratado y acondicionado para poder ser quemado en la turbina de gas elegida. Para ello la planta dispone de una instalación que se describirá más adelante.

Planta de tratamiento de agua

El agua desmineralizada se utilizará en la isla de potencia tanto para la limpieza de la turbina de gas como para el proceso de desnitrificación en el cual se inyecta este agua. El sistema de tratamiento de agua alimenta también a los elementos auxiliares de la planta y a la instalación de tratamiento de HFO y sus auxiliares.

Almacenamiento de combustible y agua

Los tanques de almacenamiento con la capacidad suficiente para permitir el funcionamiento de la planta durante dos días en el caso de no producir fuel tratado. Los tanques de almacenamiento de fuel bruto tienen una capacidad para 14 días, los de agua desmineralizada para 7.



Otros sistemas auxiliares

Además de los sistemas principales de la planta, se describirán en este documento sistemas auxiliares importantes para el funcionamiento de la misma:

- Las calderas auxiliares.
- El grupo de emergencia.
- El sistema antiincendios.
- El sistema de aire comprimido
- El sistema de agua potable y de servicios.



2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ISLAS DE POTENCIA

Las islas de potencia de la planta quedan definidas por la turbina de gas el alternador y sus elementos auxiliares.

2.4.1 TURBINA DE GAS

El término Fuel Pesado o HFO, (Heavy Fuel Oil), se refiere a distintas mezclas de combustibles líquidos de origen mineral, se compone principalmente de los residuos de la destilación del petróleo crudo y presenta una viscosidad mucho más alta en comparación con el fuel ligero. Debido a su alto contenido en azufre y nitrógeno, el nivel de emisiones de los sistemas de combustión con fuel pesado es definitivamente más alto que el que generan las plantas de fuel ligero, esto, sumado a un incremento en el coste del combustible hace que cada vez sea de menor aplicación. Además según el país la calidad de los distintos tipos fluctúa considerablemente, traduciéndose en mayores exigencias para el sistema de combustión. Por lo general, se utilizan en aquellos casos en que no exista un suministro de gas natural.

Existen dos tipos de turbinas de gas, Heavy Duty Gas Turbines destinadas principalmente a ciclos combinados, y AeroDerivative Gas Turbines, con mayor rendimiento en ciclos simples. Estas turbinas de gas pueden funcionar con una amplia gama de combustibles líquidos, como el gasoil o el fuel pesado, y su eficiencia térmica oscila entre 30 y 40%. En los diseños recientes se estipulan las propiedades físicas y químicas necesarias del combustible, a la entrada de la cámara de combustión, con el fin de satisfacer las demandas de los equipos.



Figura 2-2- Turbina de Gas 9E

El modelo de turbina de gas 9E de General Electric con el equipamiento MS9001E con una potencia bruta de 126,1 MW puede quemar gran variedad de combustibles, entre los que se incluye el gas natural, fueles destilados tanto ligeros como pesados, nafta o fuel residual. Además ofrece la posibilidad de cambiar el tipo de combustible durante el funcionamiento a baja carga, es decir, está diseñada para operaciones Dual-fuel.

Al igual que el resto de modelos de la clase E de General Electric, dispone del sistema combustión de bajo NO_x, con el que se pueden conseguir emisiones de NO_x y CO por debajo de los 15 ppm y 25 ppm respectivamente.

La elección de este modelo ha venido determinada por ser la que más se ajusta a la potencia requerida. Además su heat rate le permite tener un menos consumo de combustible que otros modelos.

2.4.1.1 Compresor

El compresor es la parte de la turbina donde se comprime el fluido de trabajo (aire). En este proceso, mediante unos álabes móviles, el fluido se acelera para



luego ser llevado a una etapa de difusión donde la energía cinética ganada por el fluido se convierte, por medio de unos álabes fijos, en presión. Cada conjunto de álabes, móviles y fijos, es una etapa del compresor, en este caso son diecisiete.

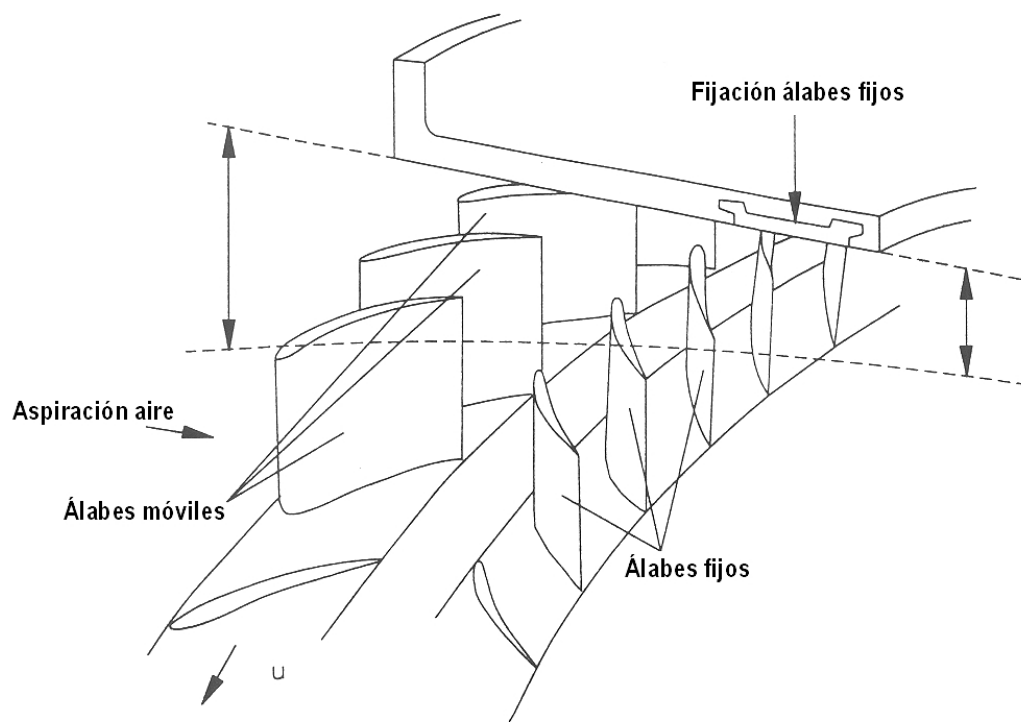


Figura 2-3- Álabes fijos y móviles

A medida que pasamos de una etapa a otra, el tamaño de los álabes decrece debido al aumento de densidad en el fluido, de forma que se consigue una velocidad axial constante.



A medida que aumenta la presión aumenta la temperatura del fluido. Cuanto mayor sea el incremento de presión en cada etapa mayor será el rendimiento del compresor. El incremento de energía en cada etapa suele ser constante.

2.4.1.2 Sistema de combustión

El calor se introduce en las turbinas de gas a través de la cámara de combustión. Esta cámara recibe el aire comprimido proveniente del compresor y lo envía a elevada temperatura hacia la turbina expansora, idealmente sin pérdida de presión. De esta forma, la cámara de combustión es un calentador de aire donde el combustible se mezcla con mayor cantidad de aire que lo que correspondería a una mezcla estequiométrica. Existen varios tipos de cámaras de combustión, pero en este caso es de tipo anular.

Esta disposición supone que existe una única cámara en forma de anillo que rodea al eje del compresor-turbina; dicha cámara consta de un solo tubo de llama, también anular, y una serie de inyectores o quemadores, en este caso concreto catorce, repartidos a lo largo de toda la circunferencia que describe la cámara.

El aire entra en el espacio entre el interior de la cámara a través de los diferentes huecos y ranuras por simple presión diferencial. El diseño de estos huecos y ranuras divide la cámara en diferentes zonas, para facilitar la estabilidad de llama, la combustión, la dilución y para crear una fina capa de enfriamiento en las paredes de ésta.

El sistema de bajo NO_x consiste en la reducción en la medida de lo posible de la temperatura de la llama, dado que la formación de los óxidos de nitrógeno varía exponencialmente con la misma.

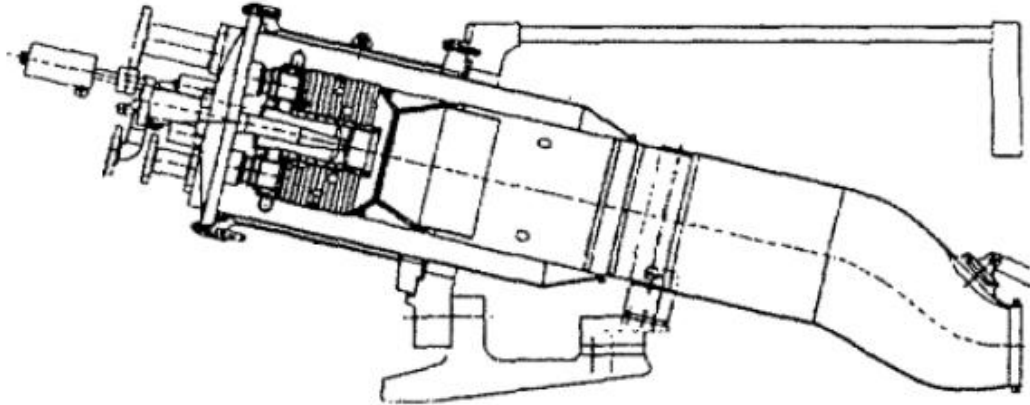


Figura 2-4- Sistema de bajo NOx

Esta reducción se consigue sustituyendo los clásicos quemadores de difusión, que desarrollan temperaturas de punta muy altas, por quemadores de premezcla, basados en llamas pobres con bajas temperaturas adiabáticas.

2.4.1.3 Turbina

La sección de la turbina consta de tres etapas y es el lugar donde la energía contenida por el gas a alta presión producida en las secciones de compresión y combustión es convertida en energía mecánica rotacional.

Todas sus etapas son por lo tanto de reacción, y deben generar la suficiente energía para alimentar al compresor y la producción de energía eléctrica en el generador. Esta turbina en concreto consta de tres etapas, cada una de ellas integrada por una corona de alabes con un adecuado diseño aerodinámico, que son los encargados de hacer girar el rotor al que están unidos solidariamente. Además de estos, hay antes de cada etapa un conjunto de alabes fijos sujetos a la carcasa, y cuya misión es redireccionar el aire de salida de la cámara de combustión y de cada etapa en la dirección adecuada hasta la siguiente.



Los alabes deben estar recubiertos por material cerámico para soportar las altas temperaturas, además, un flujo de aire refrigerador proveniente del compresor los atraviesa internamente, saliendo al exterior por pequeños orificios practicados a lo largo de toda su superficie.

2.4.2 ELEMENTOS AUXILIARES PRINCIPALES

2.4.2.1 Sistema de escape lateral

Los gases de escape se expulsan al exterior mediante una chimenea de doble revestimiento.



Figura 2-5- Chimeneas

La distancia a los equipos de la central situados en la zona de la chimenea y la altura de esta se definirán teniendo en cuenta la temperatura de los gases de escape su caudal en condiciones normales y el caudal másico de los



contaminantes emitidos por la fuente. Si la velocidad del viento es significativa, los gases de escape se pueden mover en el plano horizontal de salida de la chimenea.

Los sectores accesibles durante la operación de la TG se encuentran a nivel inferior de la salida de la chimenea.

La chimenea de escape contará con una plataforma circular adicional donde se dispondrá de orificios de prueba de emisiones para permitir el muestreo de los gases de escape.

2.4.2.2 Sistema de lubricación

Las disposiciones en materia de lubricación de la turbina, el alternador, el convertidor y el reductor para los consumos auxiliares se incorporan a un sistema de lubricación común compuesto por:

- Una reserva de aceite situada en la base del compartimento de los accesorios, con una capacidad nominal de 8500 litros.
- Una bomba de aceite de lubricación de seguridad accionada por un motor de corriente continua.
- Sistemas de control y protección del sistema de lubricación (termopares, sensores de temperatura, manómetros y presostatos)
- Sensores de nivel (alto y bajo) para controlar el nivel del aceite de lubricación en el tanques.
- Indicadores de caudal situados en las purgas de los cojinetes de carga para controlar visualmente el escape de aceite.

2.4.2.3 Sistema de alimentación

En este punto sólo se contempla el sistema de alimentación de fuel pesado y gasoil

2.4.2.3.1 Sistema de alimentación de fuel pesado

El sistema de alimentación de fuel pesado de una turbina está constituido por tres módulos, bombeo, recalentamiento y filtración.[HACER REFERENCIA A PLANO]



➤ Primer módulo: Bombeo

En este módulo se transfiere el fuel pesado del tanque de almacenamiento a la entrada de la turbina, a una presión suficiente para vencer las pérdidas de carga ocasionadas por los elementos que constituyen la línea de fuel pesado y proporcionar la presión requerida a la entrada de la turbina.

➤ Segundo Módulo: Recalentamiento

En este módulo se calienta el fuel para reducir su viscosidad.

➤ Tercer Módulo: Filtración

En esta parte se incluye la regulación de la presión de entrada a la turbina, la filtración y la válvula de transferencia de fuel pesado a fuel ligero y viceversa.

➤ Inhibición

Después de este tercer módulo es preciso inyectar inhibidores de vanadio para evitar la corrosión en la turbina debido a la reacción de este a altas temperaturas.

El vanadio no está presente en el fuel pesado en una forma soluble en agua, por lo tanto no puede ser eliminado en el proceso de lavado de la planta de tratamiento de fuel, sin embargo sus efectos pueden ser inhibidos mediante la adición de magnesio en un ratio aproximado de 3 partes de magnesio por una de vanadio.

Es necesario, para el buen funcionamiento del sistema, que las propiedades del fuel pesado a la entrada del primer módulo sean las indicadas en el pliego de condiciones.

2.4.2.3.2 Sistema de alimentación de Gasoil

El sistema de alimentación de gasoil está formado por dos módulos, bombeo y filtración, ambos con la misma finalidad que en el caso de alimentación con fuel pesado.

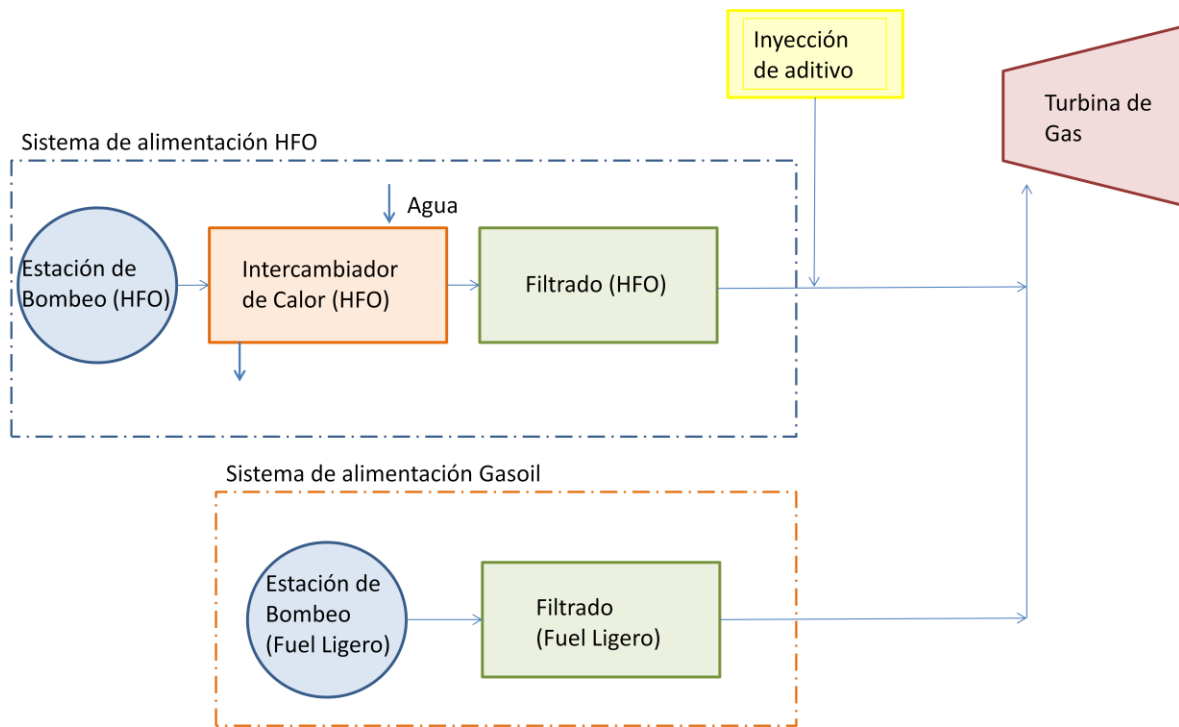


Figura 2-6- Esquema del sistema de alimentación



2.5 SISTEMAS AUXILIARES – BALANCE OF PLANT (BOP)

2.5.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE FUEL

La turbina 9E de GE es capaz de quemar una gran variedad de combustibles líquidos, desde naftas de petróleo hasta residuales. Las diferencias sustanciales de estos combustibles se basan en las propiedades físicas de estos, la composición de hidrocarburos, y los niveles en contaminantes. Operar con fueles pesados, como el crudo o residual requieren medidas especiales para prevenir la corrosión que se producen la turbina de gas a altas temperaturas.

2.5.1.1 Propiedades del fuel líquido

El combustible líquido derivado del petróleo puede clasificarse dos grupos, fuel destilado o fuel pesado. Los primeros son, por lo general, fueles ligeros como Naphtha, Keroseno, y fuel destilado N° 2. Esta clase de fuel quema de forma limpia, de manera similar al gas natural.

Los fueles pesados, como mezclas, crudos o fueles residuales contienen trazas de metales contaminantes, y es necesario un tratamiento previo a la combustión en la turbina de gas para eliminar o atenuar los efectos de los componentes nocivos.

El grado de tratamiento requerido, la sofisticación y la inversión de los equipos que componen la planta y los costes de operación al quemar este tipo de fuel dependen de las propiedades químicas y físicas del combustible.

Los contaminantes metálicos que conciernen a este proceso son principalmente sodio, potasio calcio, plomo vanadio y magnesio. A temperaturas elevadas el vanadio, sodio, potasio y plomo son corrosivos para los alabes de la turbina. Estos materiales, con el calcio, pueden depositarse generando taponamientos y reduciendo la salida del gas.



La siguiente tabla resume los efectos nocivos de estos elementos y el tratamiento para reducirlos.

Tabla 2-3- Efectos de los componentes metálicos del HFO

Efectos de los componentes metálicos				
Metal	Limites antes del tratamiento	Efecto en la turbina	Tratamiento	Limites de entrada a la turbina
Na + K	150ppm	Corrosión a alta temperatura	Lavado	1 ppm
Calcio	10ppm	Formación de depósitos	Lavado	10 ppm
Plomo	1ppm	Corrosión a alta temperatura	Ninguno	1 ppm
Vanadio	**	Corrosión a alta temperatura	Inhibidores	0.5 ppm
magnesio	ninguno	Inhibidor de vanadio/forma depósitos	Inhibidor	ninguno

** Los niveles máximos de vanadio pueden quedar determinados por la regulación de emisiones de partículas o por el coste de operación de los inhibidores.

2.5.1.2 Estudio de las posibles alternativas

Tratamiento y el sistema de acondicionamiento para el combustible pesado es más complejo que el necesario para los combustibles ligeros debido a sus componentes metálicos, prestando especial atención al sodio y vanadio. El tratamiento del HFO completo incluye tres etapas principales:

- Separación agua/combustible
 - Lavado: esta etapa incluye la adición de agua desmineralizada al combustible y su posterior eliminación cargada de contaminantes. El lavado sirve para eliminar los metales solubles en agua, como el sodio el potasio, la mayoría de las partículas orgánicas e inorgánicas son remitidas, normalmente, al sistema de filtrado.
 - Purificación: bajo circunstancias especiales, es posible eliminar estos elementos contaminantes de forma satisfactoria sin necesidad de añadir agua al combustible. Este proceso, sin embargo, solo puede aplicarse a combustibles ligeros.
- Filtrado: consiste en la eliminación de partículas sólidas del combustible antes de remitirlo a la turbina de gas.



- Inhibidores de vanadio: comúnmente Magnesio en una proporción de tres veces el peso del vanadio

A pesar de que el plomo también es corrosivo para la turbina, no existe ninguna técnica económicamente rentable para su eliminación, por tanto es necesario limitar el contenido de plomo en el fuel bruto a 1ppm.

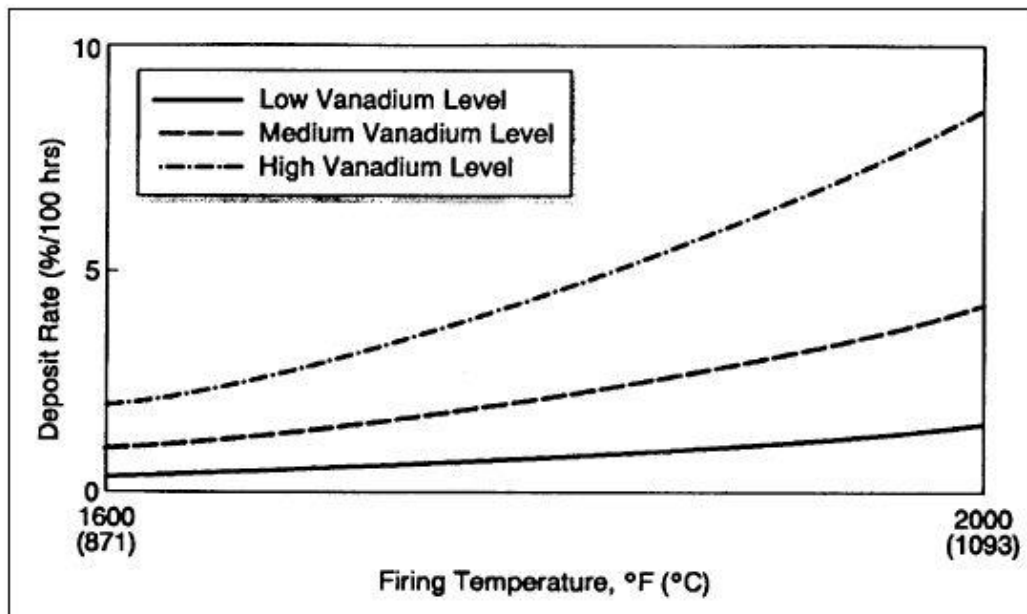


Figura 2-7- Efecto de la temperatura y el contenido en vanadio en la tasa de deposición

2.5.1.3 Descripción del proceso

El fuel bruto es bombeado desde el tanque de almacenamiento a través de un primer filtrado hacia una válvula reductora de presión donde se inyecta el demulsificador. El fuel pasa a través de un economizador o intercambiador de calor donde el calor se extrae del fuel que abandona el sistema de lavado, para llegar a otro intercambiador de calor donde eleva su temperatura a la adecuada para el proceso, por medio de vapor o resistencias eléctricas. En esta etapa el demulsificador se mezcla completamente con el combustible.

Agua arriba del mezclador, el agua desmineralizada se integra en el proceso en un ratio de hasta el 10% del ratio del fuel en tratamiento. El agua es calentada



previamente 10 o 20 grados por encima de la temperatura del fuel. Este proceso se desarrolla una o dos veces.

Una vez el proceso de lavado ha concluido el combustible pasa a través del economizador, el monitor de agua en combustible y luego se almacena en los tanques de fuel lavado.



Figura 2-8- Descripción del proceso

2.5.1.3.1 Primera etapa: Sistema de tratamiento de fuel

El fuel pesado contiene en su mayoría sales y agua mineralizada, esto requiere un lavado con agua para eliminar las sales solubles como son el sodio y el potasio. Este lavado se realiza mezclando el combustible con un 5-10% de agua desmineralizada y con una pequeña cantidad, alrededor del 0.02% de demulsificador para ayudar a la posterior separación.

El proceso se compone de una o dos etapas de extracción, cada una de ellas con un mezclador para iniciar el contacto del agua desmineralizada con el combustible, seguido por un mecanismo para separar los contaminantes salinos del agua del fuel. Para este procedimiento pueden usarse tanto centrifugadoras como desaladores electrostáticos, en este caso, siguiendo las recomendaciones de General Electric se utilizarán las primeras. La separación mediante fuerza centrífuga emplea un campo de fuerza para acometer la separación entre el combustible y el agua.

El número de etapas de extracción requeridas varía en función de los niveles de sal en el fuel bruto o de propiedades como gravedad específica y viscosidad, la primera no debe estar por encima de 0.98 en el caso de que lo estuviera es necesario mezclarlo con otro combustible líquido compatible con menor gravedad específica, como el fuel destilado.



Productos químicos conocidos como demulsificadores se añaden al combustible para poder romper la emulsión de agua y fuel. El agua es añadida y mezclada de forma controlada para asegurar que se distribuya uniformemente. La mezcla fluye hasta un separador, una vez allí, el combustible y el agua se separan, quedando el agua con un alto contenido en sales.

2.5.1.3.2 Segunda etapa: Filtración

Sólidos, óxidos, silicatos, y otros componentes que no han sido eliminados adecuadamente por el sistema de tratamiento de fuel deben separarse mediante el sistema de filtrado antes de ser bombeado. Las partículas no eliminadas podrían obstruir los inyectores de fuel.

2.5.1.3.3 Tercera etapa: Inhibición

Combustibles pesados y crudos suelen contener vanadio, el cual es extremadamente corrosivo a altas temperaturas. El vanadio no se presenta, en los combustibles líquidos, como soluble en agua, por lo tanto no puede ser eliminado en el proceso de lavado. Sus efectos pueden ser coartados mediante la adición de magnesio u otros inhibidores.

2.5.1.4 Diseño Básico de la Planta

El fin último de este sistema es la producción de un combustible admisible para ser quemado por las turbinas de General Electric.

La planta de tratamiento de combustible consiste en:

- Un módulo de filtrado, bombeo y demulsificación
- Un módulo de recuperación de calor
- Ocho módulos de tratamiento de HFO
- Un módulo de tratamiento de agua residual
- Un módulo de recuperación de calor del agua residual y filtrado
- Una cabina de control
- Un equipo para analizar las propiedades del fuel tratado



La planta de tratamiento de fuel solo debe ser usada para los datos de operación que se describen a continuación:

Tabla 2-4- Propiedades del fuel bruto

Parámetro	Unidad	Min	Med	Max
- Viscosidad a 50°C	cSt	110		380
- Viscosidad a 50°C	cSt			40
- inflamabilidad	°C	70		190
- Poder calorífico inferior	kcal/kg	9600		9750
- Densidad 15°C	kg/m ³			975
- Contenidos en :				
Azufre	%Masa			1
Agua	%Masa			1
Sedimentos	%volumen		2,5	
Cenizas	%Masa			0,1
Contaminantes metálicos:				
Vanadio	ppm			80
Sodio	ppm			50
Potasio	ppm			35
Plomo	ppm			1
Calcio	ppm			10
Magnesio	ppm			16
Níquel	ppm			1,3
Zinc	ppm			1,3



Silicio	ppm	5
Hierro	ppm	8

2.5.1.4.1 Módulo de filtrado, bombeo y demulsificación

El fuel pesado bruto se almacena en dos tanques con una capacidad de 12000 m³ cada uno desde donde se transfiere a través de este módulo pasando por el módulo de recuperación de calor a la entrada de los módulos de tratamiento de fuel pesado.

Aguas arriba de las bombas de transferencia se instalan dos filtros automáticos de eje metálico para evitar daños a las mismas, uno en operación y otro en reposo. El ciclo de limpieza del filtro se inicializa una vez al día y con un interruptor diferencial de presión (0,3 bares). Los sedimentos que se depositan en el ciclo de limpieza de los filtros son aspirados por medio de bombas helicoidales excéntricas (una por filtro) y bombeados a la salida de los lodos oleosos.

Como bombas de transferencia, se instalan tres bombas de tornillo, dos para operación normal de la planta y una de ellas redundante en caso de fallo de alguna de las otras. El número de bombas en funcionamiento en cada momento dependerá del número de módulos de tratamiento del fuel pesado en funcionamiento. Aguas debajo de cada bomba de transferencia se instala un interruptor para el control de flujo bombeado. Seguidamente mediante una bomba dosificadora se añade el demulsificador para prevenir la emulsión durante las etapas siguientes al tratamiento. Como bombas dosificadoras, se instalan dos bombas de pistón, una de ellas en reposo.

La capacidad de dosificación de las bombas se controla mediante frecuencia y también depende del número de módulos de tratamiento en operación.

El ratio de dosificación del demulsificador será determinado mediante test y dependiente de la calidad del fuel pesado y el tipo de demulsificador seleccionado.

El demulsificador se almacena en un tanque con una capacidad para 3 días de operación, es decir 2 m³. La línea de demulsificador es equipada con un interruptor de presión y el tanque de almacenamiento con otro de bajo nivel.

En el caso de que la bomba fallase, se pondría en marcha la segunda bomba automáticamente.

2.5.1.4.2 Módulo de recuperación de calor

Después de este primer módulo el fuel se transfiere a dos recuperadores de calor de tipo plato, uno para la operación normal de la planta y otro en caso de que este primero falle. En estos recuperadores el fuel bruto intercambia temperatura con el fuel tratado, de manera que este primero toma calor del segundo.



Cada intercambiador tiene capacidad suficiente para suministrar fuel bruto precalentado a cada una de las siete líneas de tratamiento y esta dimensionado para reducir la temperatura de salida del fuel tratado hasta 20°C por encima de la temperatura del fuel bruto proveniente de los tanques de almacenamiento.

Para mantener constante la presión de alimentación (fijada en 3,5 bares) hasta el módulo de tratamiento, se instala en la línea de recirculación a la línea del primer módulo una válvula de descarga accionada por motor. Esta válvula se controla mediante la presión local transmitida, de tal manera que si las bombas hacen circular más caudal del necesario, es recirculado al módulo de filtrado y bombeo. En paralelo a este sistema una válvula accionada por resorte (fijada a 4,5 bares) abole los picos de presión durante los arranques y las paradas del módulo de tratamiento.

2.5.1.4.3 Módulo de tratamiento de fuel

El fuel recalentado se divide en ocho líneas, una por cada línea de tratamiento.

El proceso de cada línea de tratamiento es idéntico, por ello solo se describe una de ellas, entendiendo que esta descripción es aplicable a cualquiera de ellas.

Para alcanzar la temperatura requerida por esta planta de tratamiento (98°C), el combustible se calienta en un intercambiador de tubos agua/combustible.

Aguas debajo de este intercambiador se instalan una válvula estranguladora y un indicador de flujo, de manera que el volumen de fuel a tratar es regulado por este sistema.

El agua de lavado proveniente de la segunda etapa de centrifugado se añade al fuel bruto aguas arriba del primer mezclador multietapa, donde ambos se mezclan, absorbiendo el agua las sales disueltas en el fuel.

La mezcla fluye a través de una válvula de tres pasos a una centrifugadora en la primera etapa de lavado.

Los sólidos son eliminados debido a la fuerza centrífuga, las sales disueltas junto con el agua de lavado, se separan simultáneamente.

El contenido en sales del fuel, por tanto, se reduce sustancialmente y los contaminantes como arena u óxidos se eliminan del fuel.

El agua desmineralizada proveniente de la planta de tratamiento de agua, es calentada hasta los 95°C mediante un calentador de tubo, y se añade al fuel en la segunda etapa e mezclado. Después de una mezcla intensiva, se envía por medio de una válvula de 3 pasos a la segunda etapa de centrifugación, donde se lleva a cabo una eliminación de sales más exhaustiva.

La cantidad de agua desmineralizada para este proceso queda determinada por la calidad del fuel, la concentración de sodio y potasio inicial y la calidad requerida de este agua.

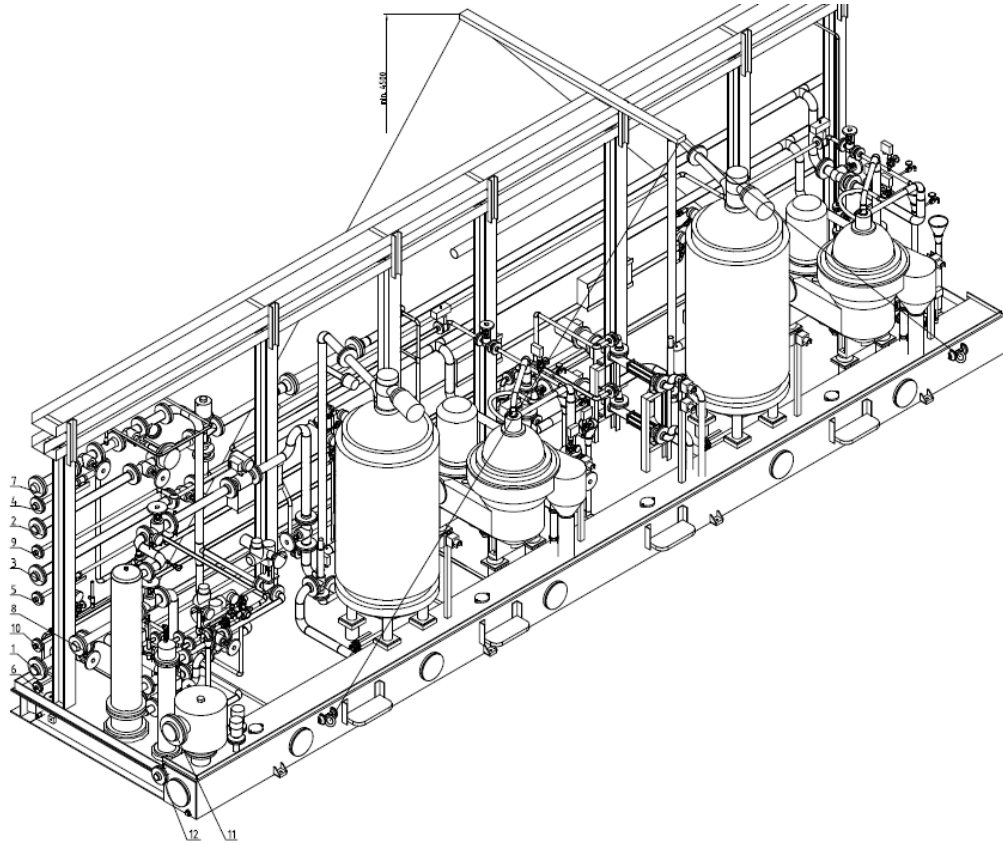


Figura 2-9- Módulo de tratamiento de fuel

La línea de fuel tratado cuenta con un sensor que mide el contenido de agua en el combustible. Si se excede un límite especificado, el combustible es recirculado a los tanques de fuel bruto.

El fuel tratado se descarga en los tanques de fuel tratado pasando a través de un intercambiador de calor, descrito en el primer módulo.

Tras este tratamiento se producen $62 \text{ m}^3/\text{h}$ de fuel tratado a partir de $69 \text{ m}^3/\text{h}$ de fuel bruto que entra en la planta de tratamiento.

2.5.1.4.4 Módulo de tratamiento de agua residual

El agua residual que proviene del módulo de tratamiento de HFO contiene aun cierta cantidad de fuel y sedimentos, por lo que necesita ser tratada.

Este módulo de tratamiento consta de un separador de agua residual redondado, que también puede ser utilizado en picos de carga y filtros de absorción, dos trabajando en paralelo y uno en reposo.

El agua oleosa entra en un tanque de sedimentación donde tiene lugar la mayor separación de agua y fuel.

Los restos de fuel decantados son drenados continuamente hacia el canal de recogida de lodos mientras que el agua se bombea a los separadores de bombas de



efluentes. El bombeo se realiza mediante dos bombas, una en funcionamiento y otra en stand-by, además la capacidad de las bombas serán controladas por frecuencia de tal manera que si el nivel de caudal en la bomba es muy bajo, esta se detiene para evitar el funcionamiento en seco.

Aguas debajo de las bombas de transferencia, el agua continua siendo tratada, en este caso por medio de centrifugadoras. En estos separadores el agua es separada de los lodos mediante la fuerza centrífuga que generan estos equipos. Los lodos son drenados continuamente al canal de recogida de lodos.

Finalmente el agua tratada es enviada al módulo de recuperación de calor y filtrado.

2.5.1.4.5 Módulo recuperación de calor y filtrado

El agua residual proveniente del módulo de tratamiento de agua aun contiene trazas de fuel, que no han podido ser separadas en la centrifugación. Además es necesario reducir la temperatura del agua. Todo esto se lleva a cabo en el módulo de recuperación de calor y filtración.

Por medio de intercambiadores de calor el agua residual baja su temperatura calentando a su vez el agua limpia que se utiliza en el módulo de tratamiento de fuel pesado.

Seguidamente, las trazas de fuel residentes en el agua son absorbidas mediante filtros de absorción, hasta que alcanzan un nivel de concentración de oleosos por debajo del especificado para aguas residuales.

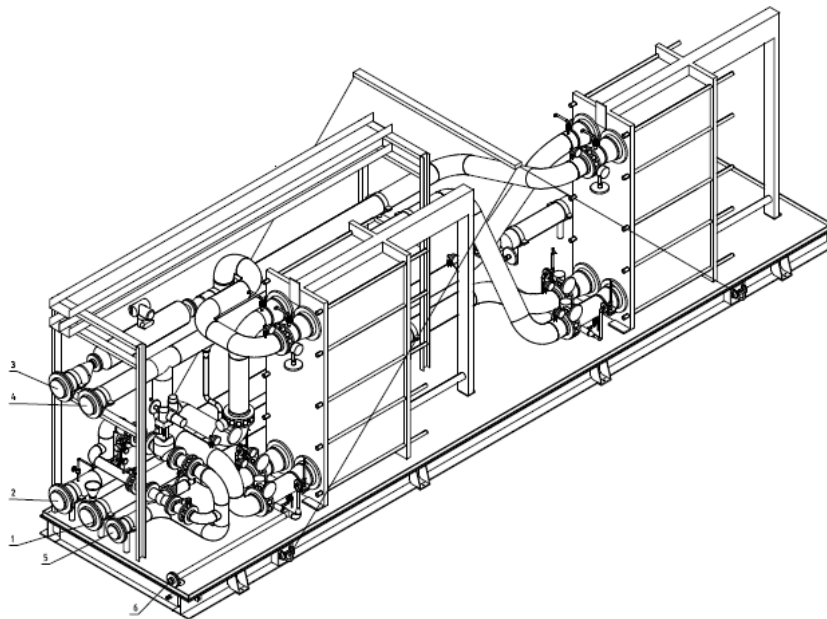


Figura 2-10- Módulo de recuperación de calor



2.5.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El objetivo del sistema es la desmineralización de agua para el consumo de la central eléctrica.

2.5.2.1 Descripción del proceso

El agua de mar antes de ser sometida a los procesos de acondicionamiento, es captada de una cántara con rejillas fijas y móviles desde donde es bombeada a la planta de tratamiento. Durante la captación, para evitar el desarrollo de materia orgánica y organismos vivos se inyecta hipoclorito sódico en las tuberías de la planta de tratamiento y en los conductos de agua de circulación.

Una vez clorada, en el agua se dosifica un coagulante para mejorar la capacidad de retención de partículas en la siguiente etapa. El agua de mar es filtrada, en una primera fase para eliminar los sólidos en suspensión de más de 400 micras y después en una segunda fase de filtración que consta de tres etapas, en las dos primeras se utilizan filtros de arena y antracita y en la tercera carbón activo. Este último es necesario si el agua de mar en la zona de captación contiene hidrocarburos o aceites, que deben ser eliminados antes de su paso a las siguientes etapas. El agua filtrada es almacenada en un depósito, preferiblemente cilíndrico vertical. Para la limpieza en contracorriente de los lechos filtrantes se utilizan bombas centrífugas que aspiran del depósito anterior y soplantes.

La siguiente fase consiste en la desalación del agua de mar filtrada mediante un proceso de ósmosis inversa. La alimentación del agua al primer paso de las membranas se realiza mediante bombas de alta presión de manera que partículas de tamaño superior a 5 micras no atraviesen la membrana, previo al bombeo se dispone de filtros de cartucho, uno por cada línea.

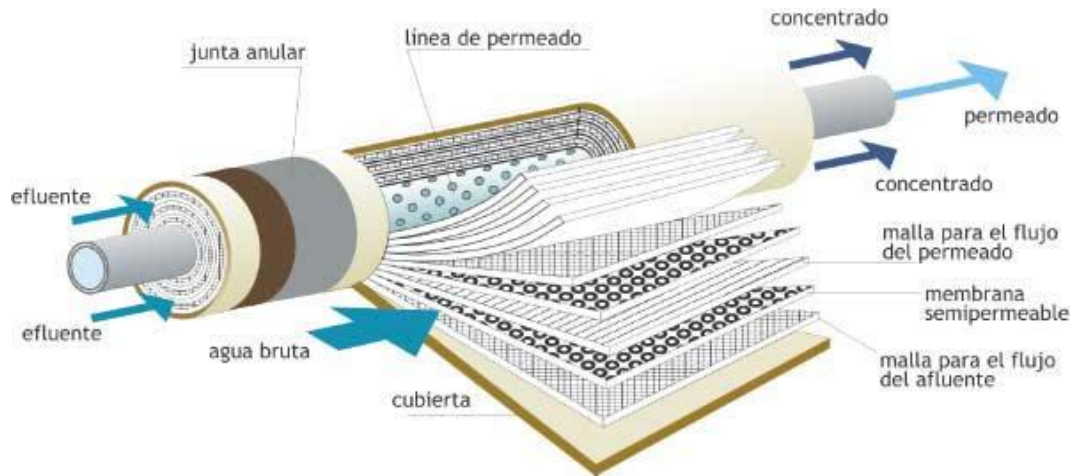


Figura 2-11- Membrana de ósmosis inversa

En esta fase se consigue reducir la salinidad del agua hasta el nivel en que es considerada con calidad suficiente para el agua de servicios y las siguientes fases del tratamiento.

La energía de la salmuera rechazada en el proceso se aprovecha en el bombeo de alta presión, mediante un sistema de recuperación, que mejora la eficiencia energética del sistema. En este primer paso de desalación se consigue una recuperación aproximada del 42%.

El agua desalada en este primer paso se almacena en un depósito del que aspiran las bombas de alimentación al segundo paso de ósmosis. Este segundo paso consta de dos etapas y la salinización del agua procedente de este segundo paso es suficientemente baja como para alimentar la fase de desmineralización total. En este segundo paso de desmineralización se consigue una recuperación aproximada del 80%.

En el proceso de ósmosis inversa se dosifican distintos productos químicos: bisulfito sódico para eliminar el posible exceso de cloro libre procedente de la captación, un producto anti incrustante, ácido sulfúrico para ajuste de pH de trabajo y sosa caustica para reducir la concentración de anhídrido carbónico en el agua.



El agua osmotizada procedente del segundo paso de se almacena en un depósito del cual es bombeado para alimentar al sistema de pulido final para la obtención de agua desmineralizada.

El proceso utilizado es el de electrodesionización, que combina los principios de desmineralización por resinas y la electrodiálisis. En esta etapa se consigue un factor de conversión del 90%.

2.5.2.2 Diseño de la planta

La planta de tratamiento de agua se compone de tres líneas de tratamiento del 50% de producción con una capacidad total de:

- 42,4 m³/h de agua desmineralizada
- 3,5 m³/h de agua de servicios
- 2,2 m³/h de agua potable

El agua de mar bruta se somete a los siguientes procesos:

- Filtración de desbaste mediante filtros autolimpiantes de 400 micras de luz de malla. Se instalan tres filtros con una producción unitaria del 50 % de la capacidad neta de la PTA.
- Eliminación de sólidos en suspensión del agua bruta mediante filtración multietapa. Se instalan do etapas de filtros a presión multicapa de arena y antracita, tres en la primera etapa y tres en la segunda, seguida de una tercera etapa con tres filtros de carbón activo.
- Desalinización del caudal de agua filtrada mediante un proceso de ósmosis inversa en dos pasos. Se compone de tres líneas con una capacidad unitaria para el 50% del caudal requerido. Del primer paso se obtendrá además un caudal adicional de agua desalada para el suministro de agua potable y agua de servicios.
- Desmineralización total del agua previamente osmotizada, mediante eletrodesionizadores de membranas planas.

2.5.2.2.1 Acondicionamiento químico del agua bruta



Como posible coagulante del agua bruta y solo para ser utilizado en caso de que fuera necesario (floculación en presencia de materia coloidal o hierro) se inyecta cloruro férrico mediante bombas dosificadoras.

Para la eliminación de una parte de la materia orgánica del agua bruta, se ha previsto la dosificación de hipoclorito sódico en la toma de agua bruta mediante bombas.

2.5.2.2.2 Filtración multietapa

Para la eliminación de sólidos en suspensión del agua de mar y eventualmente de otros compuestos como hidrocarburos, partículas de óxidos de hierro, etc., mediante floculación en línea, se utiliza un proceso de filtración en varias etapas, compuesto por: una batería de tres filtros de carbón activo, seguidos de filtros bicapa de arena y antracita en configuración doble etapa: una batería de tres en la primera y otros tres en la segunda. Normalmente se mantendrán en servicio los nueve filtros, fijando velocidades lo suficientemente conservadoras para que, durante el lavado de un filtro, los otros dos puedan absorber el incremento de velocidad sin que se deteriore el agua filtrada, ni se incremente excesivamente la pérdida de carga.

A velocidad normalmente admitida para la filtración a presión en los filtros bicapa están comprendidas entre 10 y 20 m/h. en cuanto a la mayor velocidad a través del carbón activo, se admite que puede alcanzar un máximo de 22 m/h por cada metro de altura de capa. Al disponer de tres capas de filtración se asegura la calidad de agua exigida incluso a velocidades altas.



Figura 2-12- Filtro multimedia

La alimentación al sistema de filtración se llevará a cabo mediante los grupos motobomba de captación de agua de mar, (fuera del alcance de este proyecto). Estas bombas deberán preverse para garantizar una presión en el punto terminal de llegada a la planta de 4kg/cm^2 , suficiente para vencer la pérdida de carga de los filtros autolimpiantes y los de carbón activo y bicapa, así como de las tuberías de interconexión, válvulas, etc., permitiendo la llegada del agua con presión suficiente al depósito de almacenaje de agua filtrada.

2.5.2.2.3 Ósmosis inversa

La configuración adoptada para cada una de las líneas de la ósmosis inversa es de dos pasos, con dos etapas en el segundo. Esta fase del tratamiento se compone de tres líneas, con una producción unitaria del 50% de su capacidad.

Con objeto de recuperar una parte considerable de la energía de bombeo de alta presión se ha previsto un sistema compuesto por: una bomba de baja presión (3 kg/cm^2), una bomba de alta presión (60 kg/cm^2) y una bomba tipo Booster

asociada a un recuperador de energía tipo ERI. Esta configuración se repite en las tres líneas.

Con el propósito de eliminar el posible cloro residual libre, antes del paso del agua por las membranas, se ha previsto la inyección de bisulfito sódico.

La planta de ósmosis inversa consta de tres líneas y la configuración prevista es en dos pasos, con dos etapas en el segundo. El número de cajas de presión del primer paso son: diez y en el segundo: dos en la primera etapa y una en la segunda. En la caja del primer paso se alojan siete membranas y, seis tanto en la primera como en la segunda etapa del segundo paso.

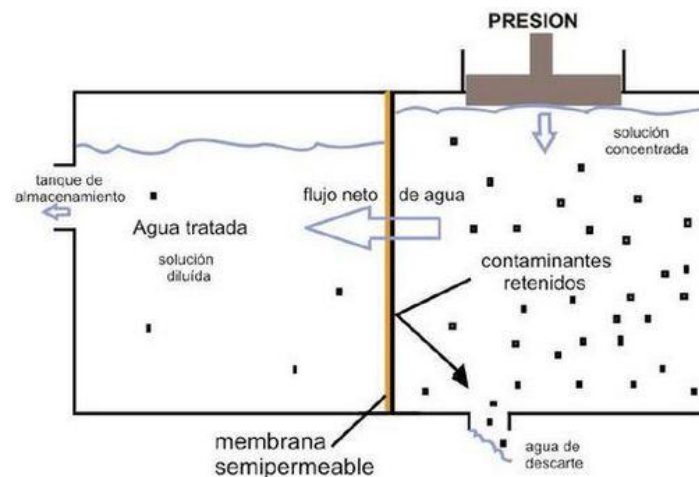


Figura 2-13. Proceso de ósmosis inversa

2.5.2.2.4 Electrodesionización

Para conseguir las características requeridas para el agua desmineralizada, se requiere un sistema de electrodesionización, que combina los principios de la desmineralización por resinas y la electrodiálisis.

La electrodesionización es un proceso continuo de producción de agua de alta pureza. En este proceso intervienen una pequeña cantidad de resinas de intercambio iónico, membranas semipermeables aniónicas y catiónicas alternadas y una corriente eléctrica continua entre dos electrodos (cátodo y ánodo). El agua

procedente habitualmente de la ósmosis inversa, atraviesa el módulo donde debido al potencial eléctrico aplicado a los electrodos se provoca la migración de los iones, produciéndose la desionización y desviándose así los iones al compartimiento del concentrado.

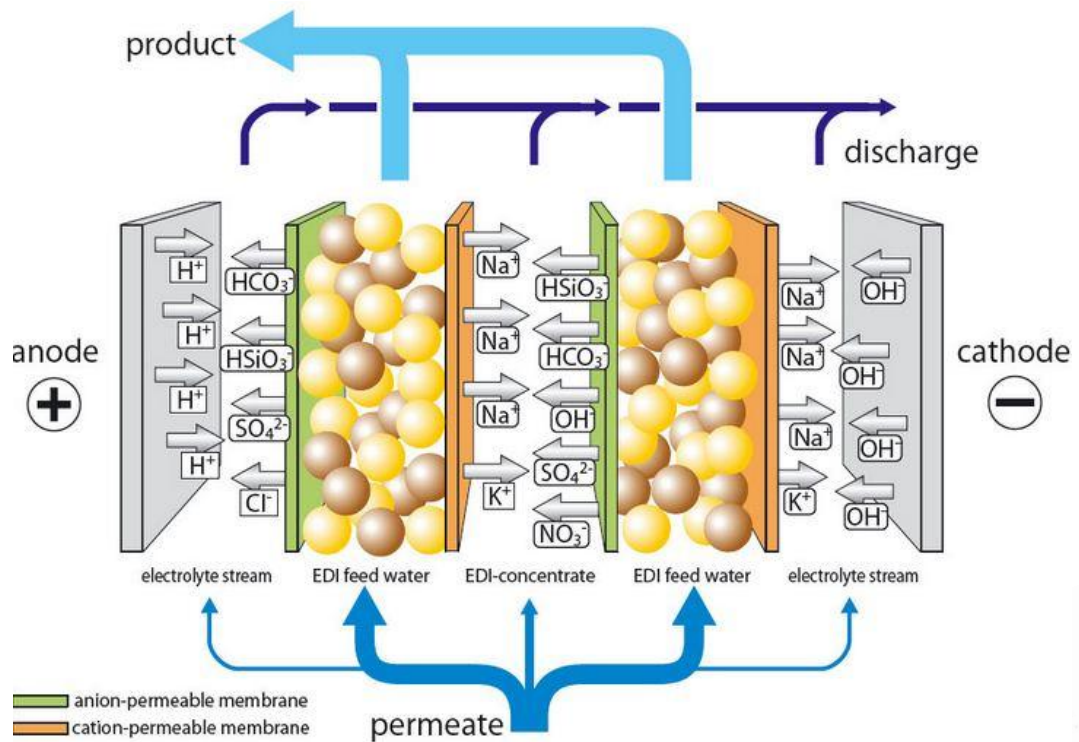


Figura 2-14- Proceso de electrodesionización

El paso de los cationes y aniones está limitado por las membranas catiónicas y aniónicas.

De esta forma el agua es desionizada en las celdas del diluido ó producto y se concentran los iones en las celdas del concentrado. Las concentraciones de iones en el agua son bajas en la parte inferior del compartimiento del diluido ó producto, por lo que el agua es ionizada en las zonas de alto voltaje y los protones e iones hidroxilo que se forman regeneran las resinas catiónicas y aniónicas, respectivamente, haciendo que las resinas regeneradas in situ puedan continuar desionizando el agua.



2.5.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

2.5.3.1 Tanques de agua

Para el almacenamiento de agua se consideran 2 condiciones, agua desmineralizada y agua potable.

Los tanques de agua desmineralizada son aquellos que almacenan el agua tratada en la planta de tratamiento de agua, y alimentan tanto a la planta de tratamiento de fuel, como a las islas de potencia. Se dispone de dos tanques con una capacidad unitaria de 4000 m³ que a plena carga de la central se traduce en una autonomía de 7 días.

Para el agua potable que alimenta a todas las instalaciones de la central, se diseña un tanque de almacenamiento con una capacidad de 50 m³

2.5.3.2 Tanques de combustible

2.5.3.2.1 Almacenamiento de fuel

El fuel pesado, por lo general, no tiene unas propiedades físicas o químicas consistentes; la composición puede variar dentro de unos márgenes amplios. Por ello se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de almacenarlo y manejarlo:

- El uso de tres tanques para el almacenamiento del fuel lavado dimensionados para proporcionar un tiempo de decantado de 24 horas, permitiendo el llenado de uno de ellos, la decantación del segundo y el uso del tercero.
- Los tanques deben poder ser drenados para poder eliminar el agua y los sedimentos depositados en el fondo.
- Por esta razón, el combustible no debe ser bombeado desde el fondo del tanque.
- Los tanques deben ser calentados para mantener la viscosidad del combustible lo suficientemente baja para que pueda ser bombeado.



- Cadmio, zinc o cobre catalizan la descomposición de hidrocarburos y por lo tanto estos elementos o sus aleaciones no deben ser utilizados en la construcción de estos tanques.

Siguiendo estas consideraciones se dispondrá de dos tanques con una capacidad de 12000 m^3 , diseñados para almacenar combustible bruto para 14 días.

En la zona donde se sitúa la planta de tratamiento de fuel se dispone de tres tanques con una capacidad de 3000 m^3 , para 6 días y dos tanques de fuel tratado y certificado con una capacidad de 1500 m^3 , que permite el funcionamiento de la planta durante 2 días.

2.5.3.2.2 Almacenamiento de Gasoil

Se dispondrá de un único tanque de gasoil, con una capacidad de 5000 m^3 , al igual que con el fuel pesado, este tanque dispone de un sistema de calefacción para mantener la viscosidad de este.



Figura 2-15- Tanques de almacenamiento



2.5.4 OTROS SISTEMAS AUXILIARES

2.5.4.1 Calderas auxiliares

El sistema de agua sobrecalentada se utiliza en la zona de almacenamiento de fuel, tanto en los tanques de fuel bruto, como en los de certificado y tratado, manteniendo el combustible almacenado a la temperatura a la cual la viscosidad de este se reduce lo suficiente como para ser bombeado. Durante el proceso de distribución el agua sobrecalentada acompaña, por medio de conductos exteriores a las tuberías que conducen al combustible (traceado).



Figura 2-16- Calderas auxiliares

También alimenta a la planta de tratamiento de fuel, en concreto en la etapa de centrifugado, donde el calentamiento del agua de lavado del fuel optimiza la separación de las sales del fuel pesado.

El sistema de agua sobrecalentada se compone de:



- Una reserva de combustible que alimenta a las calderas auxiliares, que funcionan de manera autónoma a la central eléctrica.
- Dos bombas de combustible y dos de distribución.
- Dos calderas auxiliares donde se produce el agua sobrecalentada

El agua sobrecalentada producida en las calderas auxiliares después de pasar a través del calentador de combustible y el marcador vuelve a la caldera, y a través de un sistema de detección de combustible en el condensado, permite una separación de fases de combustible y agua. La presencia de combustible en los condensados se indicará localmente. El circuito está provisto de detectores de combustible en agua. Las operaciones de arranque/parada de las calderas están dispuestas en un panel de control y se transfieren a la sala de control central. Se proporcionará un número suficiente de dispositivos de protección y control de medición para garantizar un funcionamiento sin problemas en toda seguridad de las calderas

2.5.4.2 Grupo de emergencia

El grupo de emergencia es un grupo electrógeno formado por un generador diesel A 1.000 kVA. 400V AC. 50Hz se proporciona para el suministro de electricidad a los consumidores esenciales centrales en condiciones de emergencia.

2.5.4.3 Sistema antiincendios

El objetivo de este Sistema es asegurar la producción y la distribución de agua en caso de incendio de acuerdo con NFPA (National Fire Protection Association)

2.5.4.3.1 Equipos manuales del sistema antiincendios

La producción de agua contra incendios (estación de bombeo) y el sistema distribución lleva el agua a cualquiera de los equipos que comprenden la central eléctrica agua usando depósitos de almacenamiento de agua contra incendios, bombas automáticas y sistema de conductos para la distribución.

Este sistema ayuda a luchar contra un incendio en su fase inicial.



Depósitos de almacenamiento de agua contra incendios

El agua de alimentación para este sistema se toma de dos tanques de agua contra incendios de 6000 m³ de capacidad total.

Bombas

El sistema de protección contra incendios se concibe para satisfacer las exigencias y conformidades del reglamento internacional.

Las bombas se instalan en la estación de bombeo contra incendios. Las bombas principales se alimentan del sistema eléctrico de la central, mientras que el grupo de bombas de seguridad está asociado al motor diesel, estas últimas solo arrancarán en caso de fallo de la alimentación eléctrica. Además con el objeto de mantener la presión nominal en las tuberías se instala una bomba extra.

El arranque de las bombas contra incendios active una alarma en la unidad de control de incendios, una vez que las bombas dejan de ser necesarias esta alarma debe apagarse manualmente.

Extintores

Se colocaran un juego de extintores portátiles a lo largo del edificio

Extintores de agua: diseñados para combatir los incendios de Clase A (materiales carbonosos tales como madera, papel y textiles). Es una solución económica para el riesgo más común de incendios.

Extintores de polvo seco: extintores de polvo seco son adecuados para una amplia gama de ambientes y se pueden utilizar con seguridad en el caso de los riesgos que implican equipamiento eléctrico. Extintores de polvo se utilizan para extinguir el fuego rápidamente. Clases A, B y C.

Extintores de CO₂: el extintor de CO₂ es adecuado para fuegos de clase B y combatir fuegos en caso de equipos eléctricos bajo tensión.



Figura 2-17- prueba del sistema antiincendios

2.5.4.4 Sistema de aire comprimido

El Sistema de Aire Comprimido tiene por objeto suministrar de forma continua aire comprimido, filtrado, seco y sin aceite para el funcionamiento de instrumentos neumáticos y para la alimentación de los actuadores neumáticos previstos. También suministrará aire de servicio, sin filtrado ni secado, a todas las tomas de la Central para funcionamiento de la maquinaria neumática y otras necesidades de aire comprimido.

Ambas líneas de aire comprimido estarán conectadas entre sí, antes de pasar por los prefiltros, de donde saldrá un ramal hacia la válvula de mínima presión del aire de servicio, y otro ramal que pasará a través de los secadores de adsorción y postfiltros con dirección al depósito acumulador de aire de instrumentos.

Los secadores de adsorción de doble torre instalados en la línea de aire de instrumentos, dispondrán de medidores de punto de rocío con lectura en el display



de control, en ambos secadores de adsorción, para verificar la calidad del aire comprimido en la línea de aire para instrumentos, así como el propio control de los mismos, disponiendo de una alarma si el punto de rocío es desfavorable.

En condiciones normales, la planta de compresión de aire suministrará aire filtrado y seco tanto a la red de aire de instrumentos, y sin filtrado ni secado a la de aire de servicio.

2.5.4.5 Sistema de agua potable

Tras el primer paso de ósmosis inversa de la planta de tratamiento de agua, se destinan 2,2 m³/h de agua osmotizada a la producción de agua potable. El agua es desinfectada mediante la adición de hipoclorito sódico y se almacenada en un tanque desde el cual será bombeada a la planta de tratamiento de agua, a la planta de tratamiento de fuel y a las islas de potencia. Su destino principal dentro de estos sistemas son los aseos y las duchas de emergencia.

2.5.4.6 Sistema de agua de servicios

Los principales sistemas que se alimentan de esta agua son:

- La fosa de neutralización
- Los tanques de combustible líquido
- El sistema antiincendios
- Las calderas auxiliares
- Las turbinas de gas



2.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.6.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CENTRAL

En particular, los niveles de tensión definidos para la operación básica de la planta son:

2.6.1.1 Alta Tensión

225 kV en barras de alta tensión. De esta tensión se alimenta a la red por medio de los transformadores principales, que elevan la tensión de generación (15kV) a la tensión de alimentación.



Figura 2-18-Transformador principal



2.6.1.2 Media tensión

6,6 kV en barras de M.T. de Servicios Auxiliares: Margen de variación $\pm 10\%$ (-20% en periodos transitorios de arranques de los motores), 3 fases sin neutro, 50 Hz $\pm 5\%$. Todas las cargas deben permanecer en funcionamiento normal dentro de los márgenes de variación de la tensión definidos, incluso con la máxima caída de tensión establecida del -20% (en este caso, las cargas deberían permanecer en funcionamiento estable durante el tiempo que durase el arranque de los motores). De esta tensión se alimentan:

- a) Los motores de potencia superior a 160 kW
- b) Los transformadores MT/BT
- c) Aquellos servicios que lo requieran

El neutro del sistema estará puesto a tierra a través de resistencia limitadora, en los transformadores de servicios auxiliares (SSAA) de la central.

2.6.1.3 Baja tensión

400 V en barras de B.T. de Servicios Auxiliares a los CCMs (Centro de Control de Motores) de turbinas: Margen de variación $\pm 10\%$ (-30% en periodos transitorios de arranques de los motores), 3 fases sin neutro (Esquema TN) y 50 Hz $\pm 5\%$. Todas las cargas deben permanecer en funcionamiento normal dentro de los márgenes de variación de la tensión definidos, incluso con la máxima caída de tensión establecida del -30% (en este caso, las cargas deberían permanecer en funcionamiento estable durante el tiempo que durase el arranque de los motores). De esta tensión se alimentan:

- a) Los CCMs de las turbinas (alimentación normal).
- b) Los servicios generales que lo requieran.



El neutro del sistema será rígido a tierra.

400-230 V c.a. en barras de B.T. de Servicios Auxiliares: Margen de variación $\pm 10\%$, 3 fases más neutro (Esquema TN-C) y 50 Hz $\pm 5\%$. Todas las cargas deben permanecer en funcionamiento normal dentro de los márgenes de variación de la tensión establecidos. De esta tensión se alimentan:

- a) Los CCMs de las turbinas (alimentación de reserva).
- b) Resto de servicios.

El neutro del sistema será rígido a tierra.

2.6.1.4 Sistema de corriente continua

125 V c.c. en barras del Sistema de Corriente Continua: Sistema definido por polos aislados, margen de variación + 10%, - 15%. Todas las cargas deben permanecer en funcionamiento normal dentro de los márgenes de variación de la tensión establecidos. De esta tensión se alimentan:

- a) Equipo de tensión segura. (Mediante inversor)
- b) El control de cabinas de media y baja tensión.
- c) Otros servicios que lo requieran.

2.6.1.5 Sistema de tensión segura

230 V c.a. en barras del Sistema de Tensión Segura: Distribución monofásica, neutro rígido a tierra, margen de regulación $\pm 2\%$, frecuencia 50 Hz $\pm 0.2\%$. De



esta tensión se alimentan aquellos consumidores que deban mantenerse en operación sin interrupción en caso de un fallo en el sistema de alimentación normal.

2.6.2 ESQUEMA UNIFILAR DE LA PLANTA

El esquema unifilar de la planta se incluye en el Documento PLANOS



2.7 SISTEMA DE CONTROL

Está basado en un sistema de control distribuido, controlando directamente las islas de potencia y conectado mediante líneas de comunicación a los distintos controles locales de los diferentes sistemas auxiliares.

A través de entradas y salidas cableadas, el sistema de control tiene acceso a todo el sistema eléctrico, así como a los sistemas auxiliares de la planta [ver ANEXO I]

2.7.1 INTERFASES DE SEÑALES CON EL DCS (SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO)

Como criterio general se establece que el DCS recibe todas las señales de supervisión del sistema auxiliar (valores de proceso, estados de los equipos, estados de control, alarmas, disparos, etc.) y envía al sistema de control del sistema auxiliar todas las señales de mando necesarias para el gobierno del sistema auxiliar desde el punto de vista de la operación global de la Central.

La estrategia de control, enclavamientos y protecciones del sistema auxiliar reside por completo en el sistema de control de cada sistema auxiliar.

Se supervisará en el DCS el lazo abierto (rotura de hilo) y el cortocircuito de las señales analógicas, tanto desde el PLC hasta el DCS como desde campo a PLC.



Las salidas digitales del autómatas hacia el DCS se realizan por medio de contactos libres de tensión con relé de desacoplamiento en la propia tarjeta de entradas/salidas, admitiéndose relés miniatura para las mismas.

Las entradas digitales al autómatas desde el DCS serán contactos en tensión de 24V.

2.7.2 CONTROL LOCAL

La selección del modo de operación del sistema auxiliar (Local / Remoto) reside en dicho sistema auxiliar.

En modo de funcionamiento local se inhiben los comandos procedentes del DCS, proviniendo estas del sistema de control local. No obstante, el DCS seguirá recibiendo todas las señales de supervisión representativas del funcionamiento del sistema auxiliar.



Capítulo 3 CÁLCULOS

3.1 ISLA DE POTENCIA

La elección de la turbina de gas se lleva a cabo mediante la comparativa de las dos turbinas disponibles en el mercado de la potencia requerida, capaces de quemar tanto fueles pesados como gas natural, la turbina de gas 9E de General Electric y el modelo SGT5-2000E de Siemens.

El estudio, realizado mediante el programa ThermoFlow, determina que ambas turbinas tienen prestaciones similares, sin embargo para las condiciones en las que se instalarían estos equipos, el consumo del modelo de General Electric es menor que el requerido por el de Siemens.

La potencia de la turbina 9E de GE ofrece una potencia bruta de 126 MW. Se habla de potencia bruta debido a que el programa ThermoFlow no tiene en cuenta los consumos provenientes de la planta de tratamiento de combustible. El Heat Rate, asociado al consumo, de este modelo en las condiciones a las que trabajaría la planta es de 10861 kJ/kWh, con un rendimiento del 33,2%

El modelo SGT5-2000E de Siemens puede llegar a producir hasta 166 MW netos de potencia, con un Heat Rate algo menor, de 10847 kJ/kWh y un rendimiento también del 33,2%,

Para calcular el consumo de ambas turbinas, se necesita tanto la densidad del combustible como su poder calorífico:

Densidad del Fuel: 975kg/m³

Poder calorífico HFO: 40821,3 kJ/kg



Definidos estos parámetros se obtiene:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potencia} \times \text{Heat Rate}}{\rho_{\text{Combustible}} \times \text{PC}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Como era de esperar, a pesar de tener un Heat Rate menor, el consumo de la turbina de Siemens (46 m³/h), debido a que su potencia es más elevada, es mayor que el que tendría el modelo de GE (38 m³/h).

El objetivo es obtener una potencia neta unitaria de 100 MW por tanto otra opción sería que las turbinas no trabajasen al 100% de carga, pero esto disminuiría mucho el rendimiento, en especial de la turbina de Siemens.

Se elige el modelo de turbina de gas 9E de General Electric dado que la única con fiabilidad probada que cumple con los requisitos de potencia y la posibilidad de quemar tanto gas natural como fueles pesados.

3.2 BALANCE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

La planta de tratamiento de agua produce agua de servicios, agua potable y agua desmineralizada a partir de agua tomada directamente del mar.

La planta dispone de las líneas necesarias para abastecer las necesidades de las diferentes aguas de la central más una en stand-by.

Etapas de tratamiento:

Pretratamiento: el agua bruta de entrada al sistema proviene de la cántara de captación a un caudal máximo de 140 m³/h. Esta agua se acondiciona en la toma mediante la dosificación de hipoclorito sódico para prevenir contaminantes de tipo biológico, y cloruro férrico que actúa como coagulante, y se introduce en un sistema de filtración convencional posterior.

Filtración: Para la eliminación de sólidos en suspensión del agua de mar, el agua se introduce en un proceso de filtración multietapa que consiste en una doble capa



de filtración en filtros bicapa de arena y antracita, y una etapa simple de filtros de carbón activo. El caudal de agua que continúa el tratamiento es de $125 \text{ m}^3/\text{h}$

Osmosis inversa: el sistema de osmosis inversa está desarrollado en dos pasos para cada una de estas líneas de planta.

En el primer paso, cada una de las líneas está compuesta por un sistema de bombeo de alta presión, un sistema de recuperación de energía tipo ERI para aprovechar parte de la energía del bombeo de alta presión y cajas de alta presión para el alojamiento de las membranas construidas en poliamida reticulada con grupos carboxílicos y arrolladas en espiral, especiales para agua de mar.

De este primer paso se obtienen directamente $62 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua que va a ser utilizada como agua de protección contra incendios y tras un acondicionamiento químico con hipoclorito sódico y sosa, $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua potable.

En el segundo paso de osmosis inversa se realiza en dos etapas para conseguir mayor eficiencia en la desalación del agua. Cada línea de esta etapa cuenta con cajas de presión para las membranas, en concreto dos en la primera etapa y una en la segunda, todas están construidas en el mismo material, pero estas últimas están preparadas para trabajar con salinidades inferiores. Después de este segundo paso $12 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua es recirculada al primer paso de esta etapa y los $47 \text{ m}^3/\text{h}$ continúan el proceso.

Electrodesionización: Cada línea de tratamiento está constituida por un sistema de pilas y una bomba de recirculación de concentrado. El caudal de agua tratado en estas líneas es de $43 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua desmineralizada que alimenta a la planta de tratamiento de fuel y a la isla de potencia.



3.3 *DIAGRAMA DE FLUJO*

El cálculo del diagrama de flujo de la central se adjunta en el Documento PLANOS

3.4 *CÁLCULO DE CARGAS*

Sistemas de baja tensión:

Para el cálculo del consumo de las bombas se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Consumo} \approx \frac{\text{Presión} \times \text{Caudal}}{600} \quad [\text{kW}]$$

Trabajando con la presión en bares y el caudal en l/min.

En el caso de la electrodesionización la potencia consumida se obtiene de multiplicar el caudal que atraviesa esta etapa en m³/h por 0,8.

Consumo de la planta de tratamiento de agua:

Tabla 3-1- consumos de la PTA

1	Bombas verticales	15 kW
2	Acondicionamiento del agua bruta	15 kW
3	Filtración	25 kW
4	Ósmosis inversa paso 1	230 kW
5	Ósmosis inversa paso 2	35 kW
6	Electrodesionización	40 kW



7 Otros sistemas	80 kW
TOTAL	440 kW

Consumo de la planta de tratamiento de fuel:

Tabla 3-2- consumos de la PTF

1 Módulo de filtrado, bombeo y demulsificación	46,62 kW
2 Módulos de tratamiento de HFO	516 kW
3 Módulo de tratamiento de agua residual	96 kW
TOTAL	658,5 kW

Otros consumos, como el equipo auxiliar y los consumos de baja tensión de la isla de potencia:

- CCMs de las islas de potencia: 1400 kW.
- Calderas auxiliares y bombeo de fuel: 400 kW
- Limpieza de las turbinas: 170 kW

Consumos de media tensión:

Todos aquellos que superen 700 kW tienen que ir alimentados en media tensión.

Motores de arranque de las turbinas: 2 MW

Consumos de los CCMs de las islas de potencia: 2,4 MW



Capítulo 4 CIERRE DE CICLO

4.1 INTRODUCCIÓN

Un ciclo combinado pretende conjugar lo mejor de un ciclo de Brayton y uno de Rankine. Así, un ciclo Brayton resulta muy adecuado para temperaturas muy elevadas del foco caliente, mientras que presenta el inconveniente de realizar la cesión de calor a una temperatura muy elevada; por el contrario, un ciclo Rankine admite un foco caliente de menor temperatura y realiza la cesión de calor a baja temperatura. Así pues, una forma eficiente de aprovechar la mayor parte de la energía de un foco caliente es conectarle un ciclo Brayton cuyo calor disipado se aplique a un ciclo de Rankine, que a su vez disiparía calor al ambiente. La unión de ambos ciclos se realizaría a través de la caldera del ciclo de Rankine, caldera de recuperación, que realmente se trata de de un intercambiador de calor que produciría calor sobrecalentado enfriando la corriente de gases de escape de la turbina de gas.

El rendimiento de un ciclo combinado es potencialmente elevado, alcanzándose hoy en día en plantas comerciales más del 52% en condiciones nominales.

El esquema presentado en la Figura 5-1 resulta muy simple, esto es debido a que en los ciclos combinados se precisa tener una elevada temperatura a la salida de la turbina, con lo que la regeneración no tiene sentido. Por otra parte, interesa aprovechar al máximo el calor contenido en los humos que abandonan la turbina de gas, por lo que el agua de alimentación a la caldera no se precalienta, pues está medida, aunque aumentaría el rendimiento del ciclo de Rankine, reduciría el del conjunto al disipar más calor en los humos aguas debajo de la caldera de recuperación. Así pues, los ciclos Rankine de los ciclos combinados no emplean precalentadores precisamente para tener elevados rendimientos en el ciclo global

al enfriar todo lo posible los humos que proceden de la turbina de gas. Este enfriamiento presenta un problema tecnológico, debido a la condensación de productos ácidos (SOx y NOx), para lo que es preciso que la temperatura no descienda de los 150 °C. Para mantener esta temperatura controlada se emplea un precalentador en el ciclo de Rankine, que aumenta la temperatura del agua de alimentación a unos 60°C, suficiente para que la temperatura de los gases a la salida de la caldera sea adecuada.

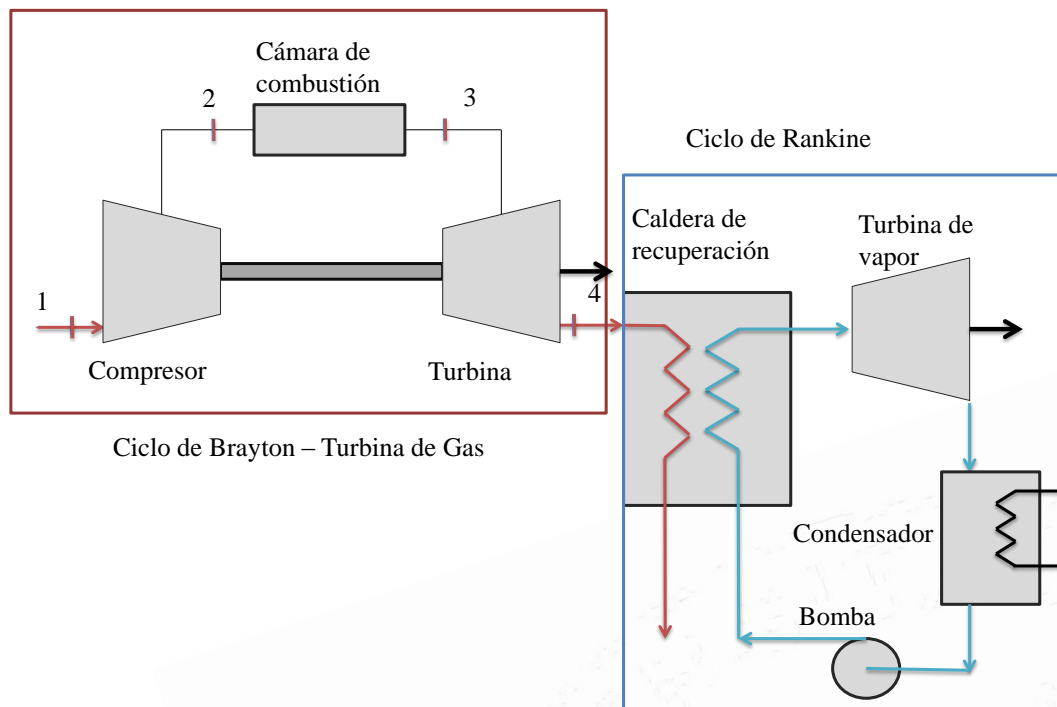


Figura 4-1-Esquema de ciclo cerrado

Este capítulo pretende recoger de forma simplificada las modificaciones que conllevaría el cierre de ciclo con gas natural.

La configuración elegida en esta ampliación es 2-2-1, dos turbinas de gas, dos calderas de recuperación y una turbina de vapor.



4.1.1 VENTAJAS DEL CICLO COMBINADO

Producir electricidad mediante centrales de Ciclo Combinado es una clara apuesta por una de las tecnologías más eficientes y con un menor impacto medioambiental que se disponen en la actualidad. Es de las tecnologías más utilizadas en los nuevos proyectos de generación eléctrica que se están instalando en los países desarrollados, y un sistema que permitirá ir sustituyendo poco a poco a los tradicionales, con la consiguiente reducción de emisiones a la atmósfera. Entre las principales ventajas de los ciclos combinados se destacan:

- Utilizan como combustible el gas natural, que es el menos contaminante de los combustibles fósiles.
- Rendimiento elevado: mayor al 52%, que es más que una central convencional
- Bajas emisiones (CO₂ y NO_x, prácticamente nulas de SO₂ y nula de partículas).

4.2 SISTEMA ELÉCTRICO

El diagrama unifilar eléctrico de este ciclo combinado, se simplifica respecto al anterior en cuanto a los consumos de la planta. Al estar alimentado con gas natural, la potencia consumida en la planta de tratamiento de fuel, necesaria en el ciclo simple, no aplicaría.

También se reducen los consumos procedentes de la planta de tratamiento de agua, ya que la producción de limitarían a la necesaria en las turbinas y en servicios.

La potencia generada es de, aproximadamente, 385 MW, de los cuales 248 al ciclo Brayton y 137 corresponden al ciclo de vapor.

4.3 ESQUEMA DEL CICLO

Además de los elementos propios de un ciclo de Brayton, descritos anteriormente, un ciclo combinado requiere los siguientes elementos:

- Caldera de recuperación
- Turbina de Vapor

Un esquema detallado del ciclo se adjunta en el ANEXO III.

4.3.1 CALDERA DE RECUPERACIÓN

La caldera de recuperación de calor o HRSG (heat recovery steam generator) en un ciclo combinado es el elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de escape de la turbina de gas transformándola en vapor.

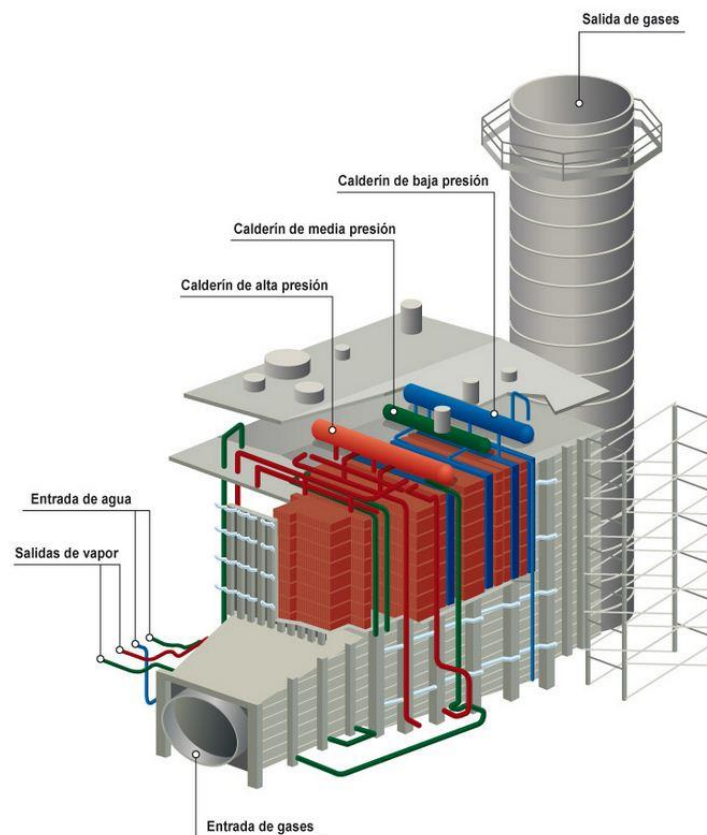


Figura 4-2-Caldera de recuperación



Las partes principales de una caldera de recuperación de calor son:

- Desgasificador, es el encargado de eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación, oxígeno principalmente y otros gases que nos podría provocar corrosiones.
- Tanque de agua de alimentación, deposito donde se acumula el agua que alimenta a nuestro sistema, esta agua debe ser muy pura para evitar impurezas que nos podrían obstruir los conductos, erosionarlos o corroerlos por las sustancias que llevasen con ellos.
- Calderín, es el lugar de donde se alimenta el evaporador de agua y el sobrecalentador de vapor. Puede haber diferentes tipos de calderines según la turbina de vapor que alimenten ya sean de baja, media o alta presión.
- Bombas de alimentación, son las encargadas de enviar el agua desde el tanque de agua de alimentación a su calderín correspondiente.
- Economizadores, son los intercambiadores encargados de precalentar el agua de alimentación con el calor residual de los gases de escape, aprovechando su energía con lo que aumentamos el rendimiento de nuestra instalación y evitamos saltos bruscos de temperatura en la entrada de agua.
- Evaporadores, son intercambiadores que aprovechan el calor de los gases de escape de temperatura intermedia para evaporar el agua a la presión del circuito correspondientes, la circulación del agua a través de ellos puede ser forzada o natural, en la forzada se utilizan bombas y en la natural el efecto termosifón, aunque también se usan bombas en los momentos de arranque o cuando sea necesario, devolviendo el vapor al calderín.
- Sobrecalentadores y Recalentadores, son los intercambiadores que se encuentran en la parte más cercana a la entrada de los gases procedentes de la combustión en la turbina de gas, el vapor que sale ya está listo para ser enviado a la turbina de vapor, este vapor debe ser lo más puro posible y debe ir libre de gotas de agua que deteriorarían nuestra turbina, también debemos tener controlada



la temperatura y presión del vapor para evitar estrés térmico en los diferentes componentes.

4.3.2 TURBINA DE VAPOR

La turbina se compone de tres partes principales:

- El cuerpo del rotor, que contiene las coronas giratorias de alabes.
- La carcasa, conteniendo las coronas fijas de toberas.
- Alabes.

Además, tiene una serie de elementos estructurales, mecánicos y auxiliares, como son cojinetes, válvulas de regulación, sistema de lubricación, sistema de refrigeración, virador, sistema de control, sistema de extracción de vahos, de aceite de control y sistema de sellado del vapor.

El rotor de una turbina de acción es de acero fundido con ciertas cantidades de Níquel o cromo para darle tenacidad al rotor, y es de diámetro aproximadamente uniforme. Normalmente las ruedas donde se colocan los alabes se acoplan en caliente al rotor. También se pueden fabricar haciendo de una sola pieza forjada al rotor, maquinando las ranuras necesarias para colocar los alabes.



Figura 4-3- Rotor de una turbina de vapor



Los alabes se realizan de aceros inoxidables, aleaciones de cromo-hierro, con las curvaturas de diseño según los ángulos de salida de vapor y las velocidades necesarias. Son críticas las últimas etapas por la posibilidad de existencia de partículas de agua que erosionarían a los alabes. Por ello se fija una cinta de metal satélite soldado con soldadura de plata en el borde de ataque de cada alabe para retardar la erosión.

La carcasa se divide en dos partes: la parte inferior, unida a la bancada y la parte superior, desmontable para el acceso al rotor. Ambas contienen las coronas fijas de toberas o alabes fijos. Las carcasas se realizan de hierro, acero o de aleaciones de este, dependiendo de la temperatura de trabajo, obviamente las partes de la carcasa de la parte de alta presión son de materiales más resistentes que en la parte del escape. La humedad máxima debe ser de un 10% para las últimas etapas.

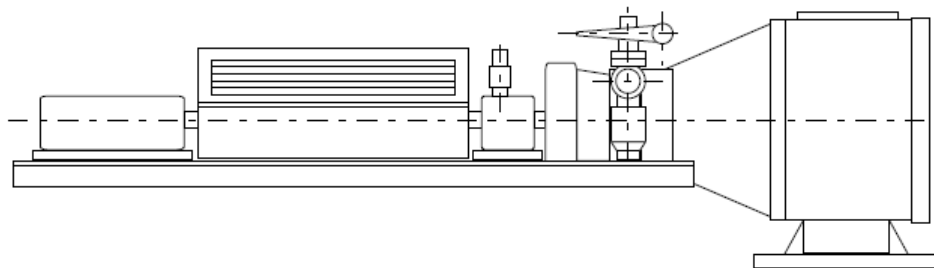


Figura 4-4- Turbina de vapor

Normalmente se encuentra recubierta por una manta aislante que disminuye la radiación de calor al exterior, evitando que el vapor se enfríe y pierda energía disminuyendo el rendimiento de la turbina. Esta manta aislante suele estar recubierta de una tela impermeable que evita su degradación y permite desmontarla con mayor facilidad.

Los alabes fijos y móviles se colocan en ranuras alrededor del rotor y carcasa. Los alabes se pueden asegurar solos o en grupos, fijándolos a su posición por medio de un pequeño seguro, en forma perno, o mediante remaches. Los extremos de los alabes se fijan en un anillo donde se remachan, y los más largos a menudo se

amarran entre sí con alambres o barras en uno o dos lugares intermedios, para darles rigidez.

4.4 *FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA*

El ciclo combinado, en las condiciones establecidas en este proyecto, tendría un rendimiento del 51,16% produciendo una potencia neta de 377 MW.

En la parte correspondiente al ciclo de Brayton se obtiene una potencia por unidad de 124 MW siendo la generación total de las turbinas de gas de 248 MW con un rendimiento del 33,7%.

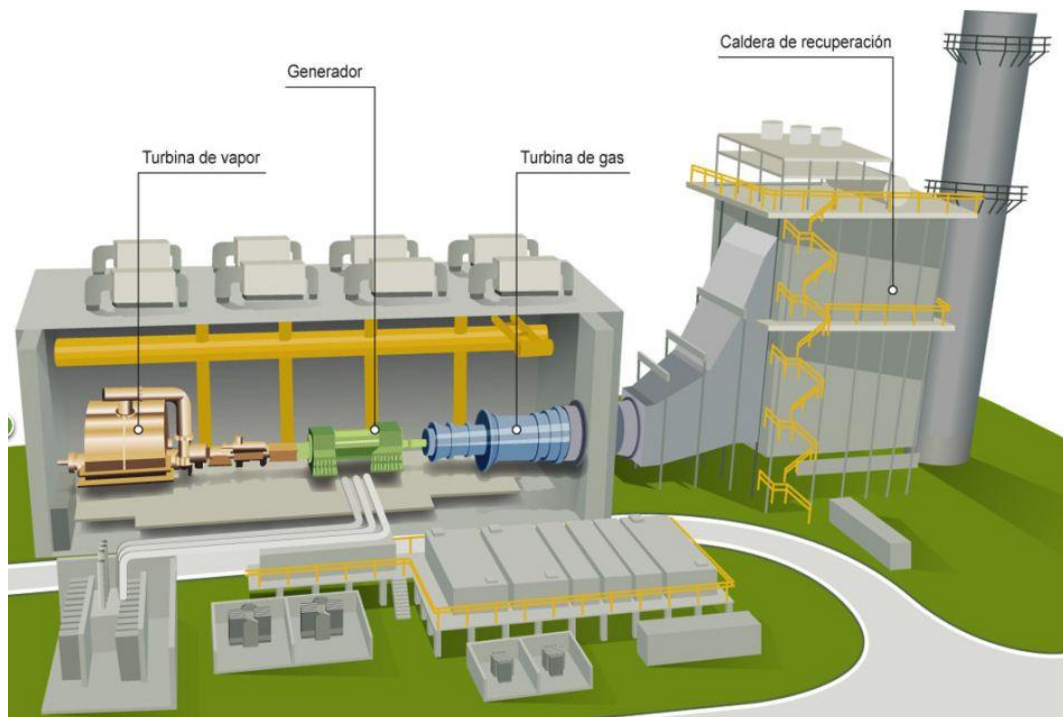


Figura 4-5- Ciclo Combinado



En cuanto al ciclo de vapor, con una eficiencia del 37,53 % se genera una potencia de 136 MW. La caldera en estas condiciones de funcionamiento tendría un rendimiento del 75,76%.

La potencia requerida por los consumos de la planta junto con las posibles pérdidas del transformador, asciende a 7902 KW.

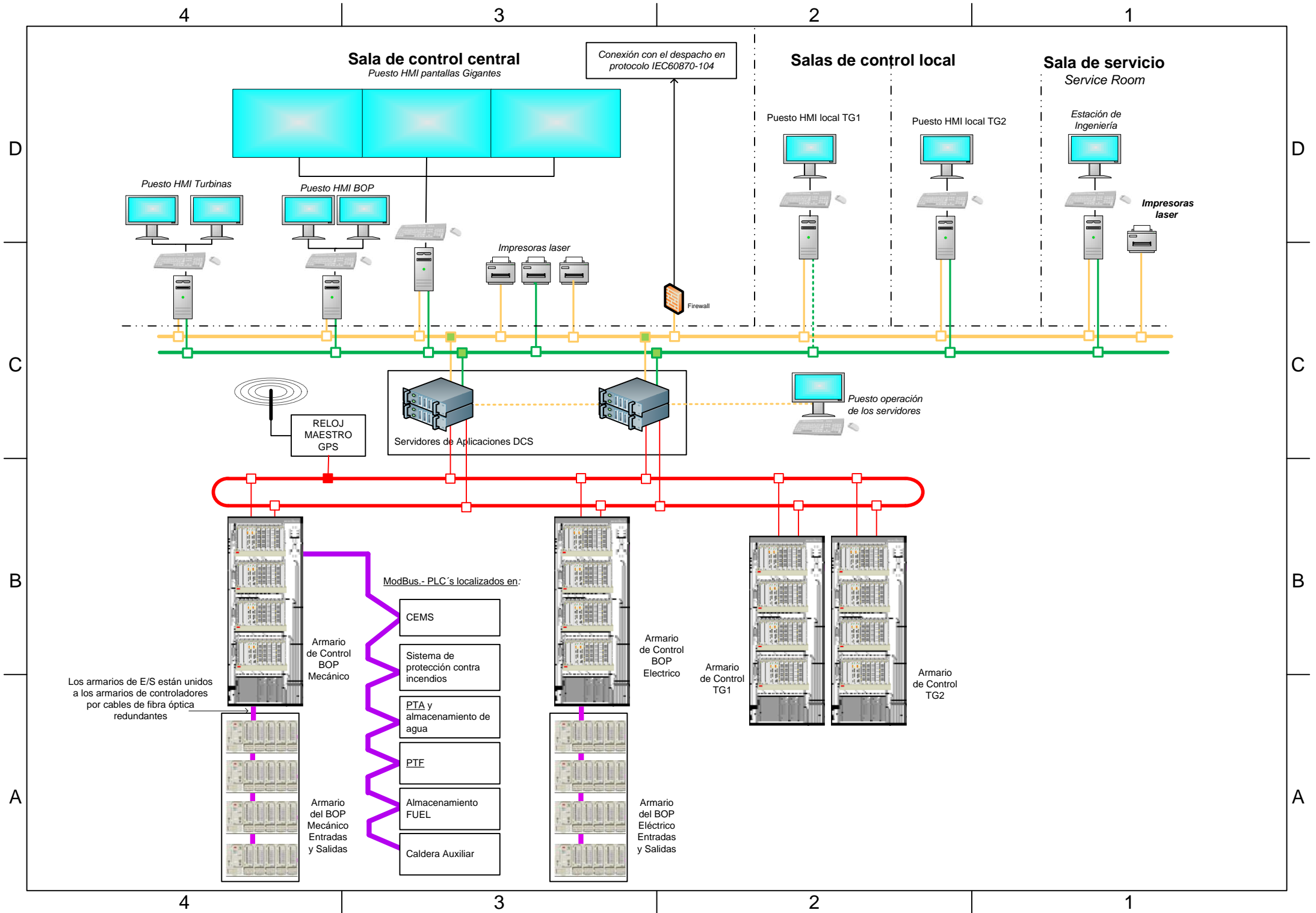


BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fundamentos de la termodinámica técnica, José Ignacio Linares, Escuela técnica superior de ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica (ICAI), septiembre 2009.
- [2] Uprate Options for the MS9001 Heavy Duty Gas Turbine, Timothy Ginter, GE EnergyAtlanta, GA, May 2008.
- [3] Gas Turbine World, General Electric Company.
- [4] Considerations When Burning Ash-Bearing Fuels in Heavy-Duty Gas Turbines, Eric Kaufman, GE Power Systems, Schenectady, NY
- [5] Power Generation for Heavy Oil Applications Crude oil as a fuel for the SGT-500, Siemens.
- [6] Fuels Flexibility In Heavy-Duty Gas Turbines A.D. Foster, H.E. von Doering, and M.B. Hilt GE Company Schenectady, New York
- [7] Liquid Fuel Treatment Systems Howard J. Kaplan Technical Leader, Fluid Systems Engineering Kenneth E. Majchrzak Principal Engineer, Power Plant Engineering GE Power Systems GE Company Schenectady, NY
- [8] Proyectos de plantas de tratamiento de aguas. Aguas de proceso, residuales y de refrigeración por Ricardo Isla de Juana. Bellisco Ediciones
- [9]
- [10] Manual de las aguas residuales industriales por Mariano Seoáñez Calvo. Mc Graw Hill

Parte II ANEXOS

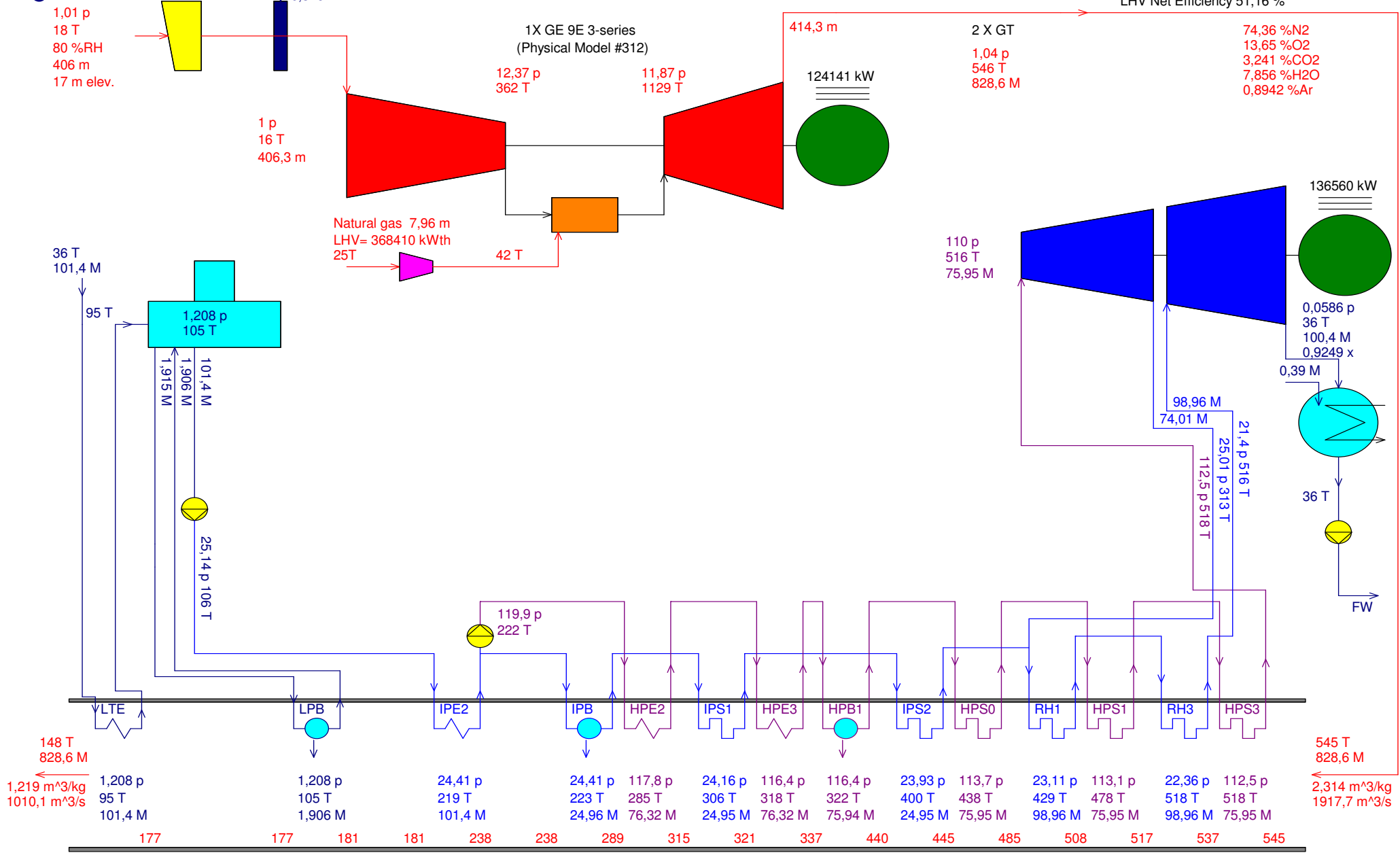
ANEXO I: SISTEMA DE CONTROL



ANEXO II: ESQUEMA DEL CICLO COMBINADO

GT PRO 24.0 GNI

Net Power 376941 kW
 LHV Net Heat Rate 7037 kJ/kWh
 LHV Net Efficiency 51,16 %



148 T
828,6 M
1,219 m³/kg
1010,1 m³/s

545 T
828,6 M
2,314 m³/kg
1917,7 m³/s

p[bar], T[C], M[kg/s], Steam Properties: IFC-67

540 07-21-2015 13:32:58 file=C:\Users\90033143\Desktop\GTPRO CCC Maria.GTP

ANEXO III: RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO DEL CICLO

COMBINADO

System Summary Report

GT PRO 24.0 GNI						
540 07-21-2015 13:32:58 file=C:\Users\90033143\Desktop\GTPRO CCC María.GTP						
Program revision date: May 5, 2015						
Plant Configuration: GT, HRSG, and condensing reheat ST						
2 GE 9E 3-series Engines (Physical Model #312), One Steam Turbine, GT PRO Type 7, Subtype 3						
Steam Property Formulation: IFC-67						
SYSTEM SUMMARY						
	Power Output kW		LHV Heat Rate kJ/kWh		Elect. Eff. LHV%	
	@ gen. term.	net	@ gen. term.	net	@ gen. term.	net
Gas Turbine(s)	248283		10684		33,70	
Steam Turbine(s)	136560					
Plant Total	384842	376941	6893	7037	52,23	51,16
PLANT EFFICIENCIES						
PURPA efficiency	CHP (Total) efficiency		Power gen. eff. on		Canadian Class 43	
%	%		chargeable energy, %		Heat Rate, kJ/kWh	
51,16	51,16		51,16		7631	
GT fuel HHV/LHV ratio =			1,107			
DB fuel HHV/LHV ratio =			1,107			
Total plant fuel HHV heat input / LHV heat input =			1,107			
Fuel HHV chemical energy input (77F/25C) =			815739	kW		
Fuel LHV chemical energy input (77F/25C) =			736821	kW		
Total energy input (chemical LHV + ext. addn.) =			736821	kW		
Energy chargeable to power (93,0% LHV alt. boiler) =			736821	kW		
GAS TURBINE PERFORMANCE - GE 9E 3-series (Physical Model #312)						
	Gross power	Gross LHV	Gross LHV Heat Rate	Exh. flow	Exh. temp.	
	output, kW	efficiency, %	kJ/kWh	kg/s	C	
per unit	124141	33,70	10684	414	546	
Total	248283			829		
Number of gas turbine unit(s) =			2			
Gas turbine load [%] =			100	%		
Fuel chemical HHV (77F/25C) per gas turbine =			407870	kW		
Fuel chemical LHV (77F/25C) per gas turbine =			368410	kW		
STEAM CYCLE PERFORMANCE						
HRSG eff.	Gross power output	Internal gross	Overall	Net process heat output		
%	kW	elect. eff., %	elect. eff., %	kW		
75,76	136560	37,53	28,43	0		
Number of steam turbine unit(s) =			1			
Fuel chemical HHV (77F/25C) to duct burners =			0	kW		
Fuel chemical LHV (77F/25C) to duct burners =			0	kW		
DB fuel chemical LHV + HRSG inlet sens. heat =			480255	kW		
Net process heat output as % of total output (net elec. + net heat) =			0	%		

System Summary Report

ESTIMATED PLANT AUXILIARIES (kW)		
GT fuel compressor(s)*	859,8	kW
GT supercharging fan(s)*	0	kW
GT electric chiller(s)*	0	kW
GT chiller/heater water pump(s)	0	kW
HRSR feedpump(s)*	2171,8	kW
Condensate pump(s)*	63,23	kW
HRSR forced circulation pump(s)	0	kW
LTE recirculation pump(s)	0	kW
Cooling water pump(s)	669,4	kW
Air cooled condenser fans	0	kW
Cooling tower fans	0	kW
Dilution air fan(s)	0	kW
HVAC	75	kW
Lights	140	kW
Aux. from PEACE running motor/load list	1004,8	kW
Miscellaneous gas turbine auxiliaries	510,4	kW
Miscellaneous steam cycle auxiliaries	290,7	kW
Miscellaneous plant auxiliaries	192,4	kW
Constant plant auxiliary load	0	kW
Gasification plant, ASU*	0	kW
Gasification plant, fuel preparation	0	kW
Gasification plant, AGR*	0	kW
Gasification plant, other/misc	0	kW
Desalination plant auxiliaries	0	kW
Program estimated overall plant auxiliaries	5978	kW
Actual (user input) overall plant auxiliaries	5978	kW
Transformer losses	1924,2	kW
Total auxiliaries & transformer losses	7902	kW
* Heat balance related auxiliaries		

System Summary Report

PLANT HEAT BALANCE			
Energy In	854383	kW	
Ambient air sensible	14860	kW	
Ambient air latent	20739	kW	
Fuel enthalpy @ supply	818700	kW	
External gas addition to combustor	0	kW	
Steam and water	47,26	kW	
Makeup and process return	38,1	kW	
Energy Out	854265	kW	
Net power output	376941	kW	
Stack gas sensible	129263	kW	
Stack gas latent	103298	kW	
GT mechanical loss	1562,3	kW	
GT gear box loss	0	kW	
GT generator loss	3521	kW	
GT miscellaneous losses	2212,1	kW	
GT ancillary heat rejected	177,8	kW	
GT process air bleed	0	kW	
Fuel compressor mech/elec loss	129	kW	
Supercharging fan mech/elec loss	0	kW	
Condenser	225607	kW	
Process steam	0	kW	
Process water	0	kW	
Blowdown/leakages	955,4	kW	
Heat radiated from steam cycle	3576	kW	
ST/generator mech/elec/gear loss	2215,8	kW	
Non-heat balance related auxiliaries	2882,7	kW	
Transformer loss	1924,2	kW	
Energy In - Energy Out	118,4	kW	
GT heat balance error (arising from GT definitions)	104,1	kW	
Steam cycle heat balance error	14,24	kW	0,0024 %
Zero enthalpy: dry gases & liquid water @ 32 F (273.15 K)			

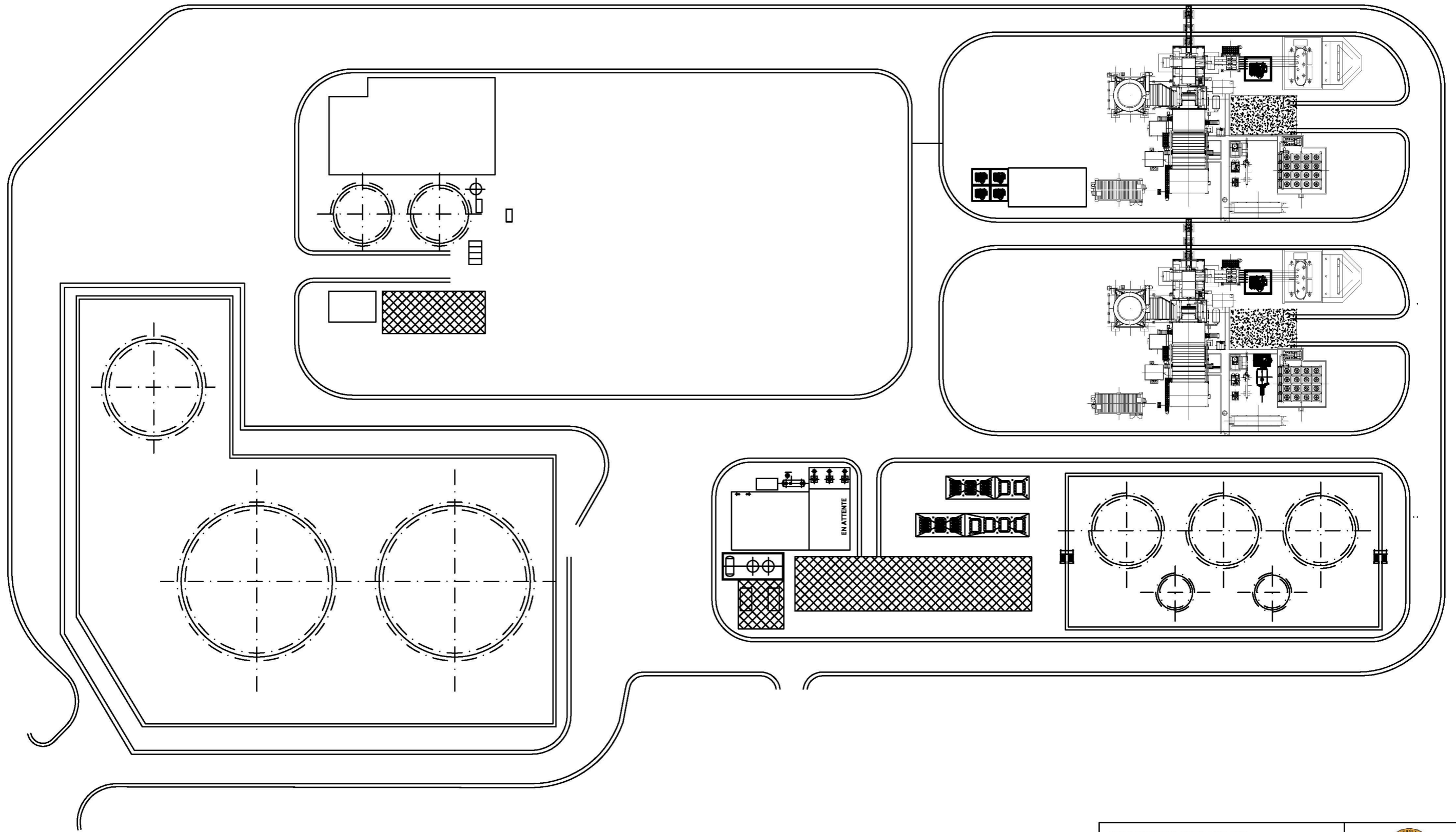
Parte III PLANOS




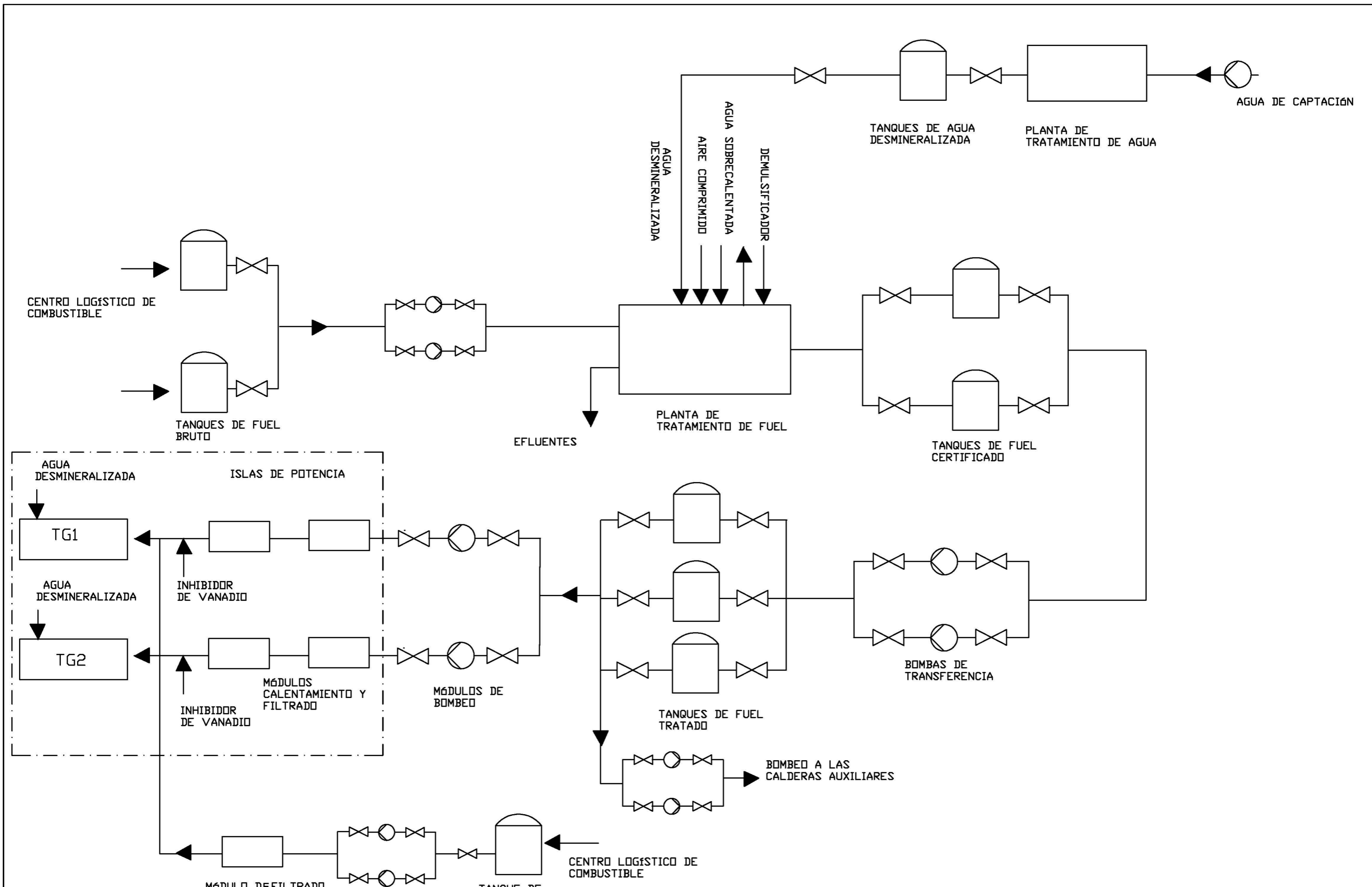
Índice de planos

1. Plano de implantación general
 2. Diagrama de flujo general
 3. Planta de tratamiento de fuel
 4. Planta de tratamiento de agua
 5. Esquema unifilar
 6. Cálculo de flujo general
 7. Cálculo de balance de aguas
-

PLANOS GENERALES DE LA PLANTA

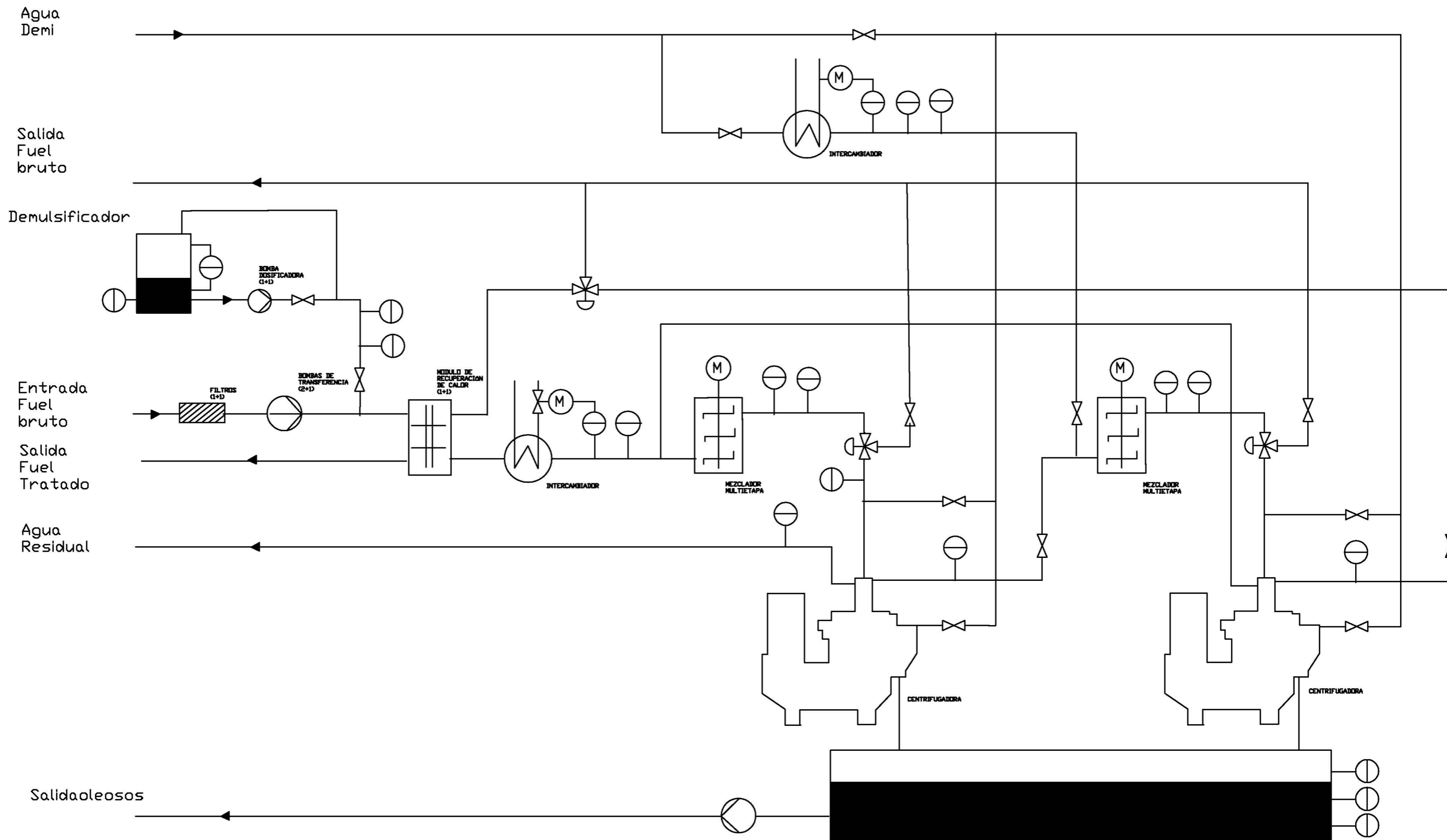


E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: PLANO DE IMPLANTACIÓN		Escala: 1:500
		Nº 1



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL		Escala: 1:1
		Nº 2

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE FUEL

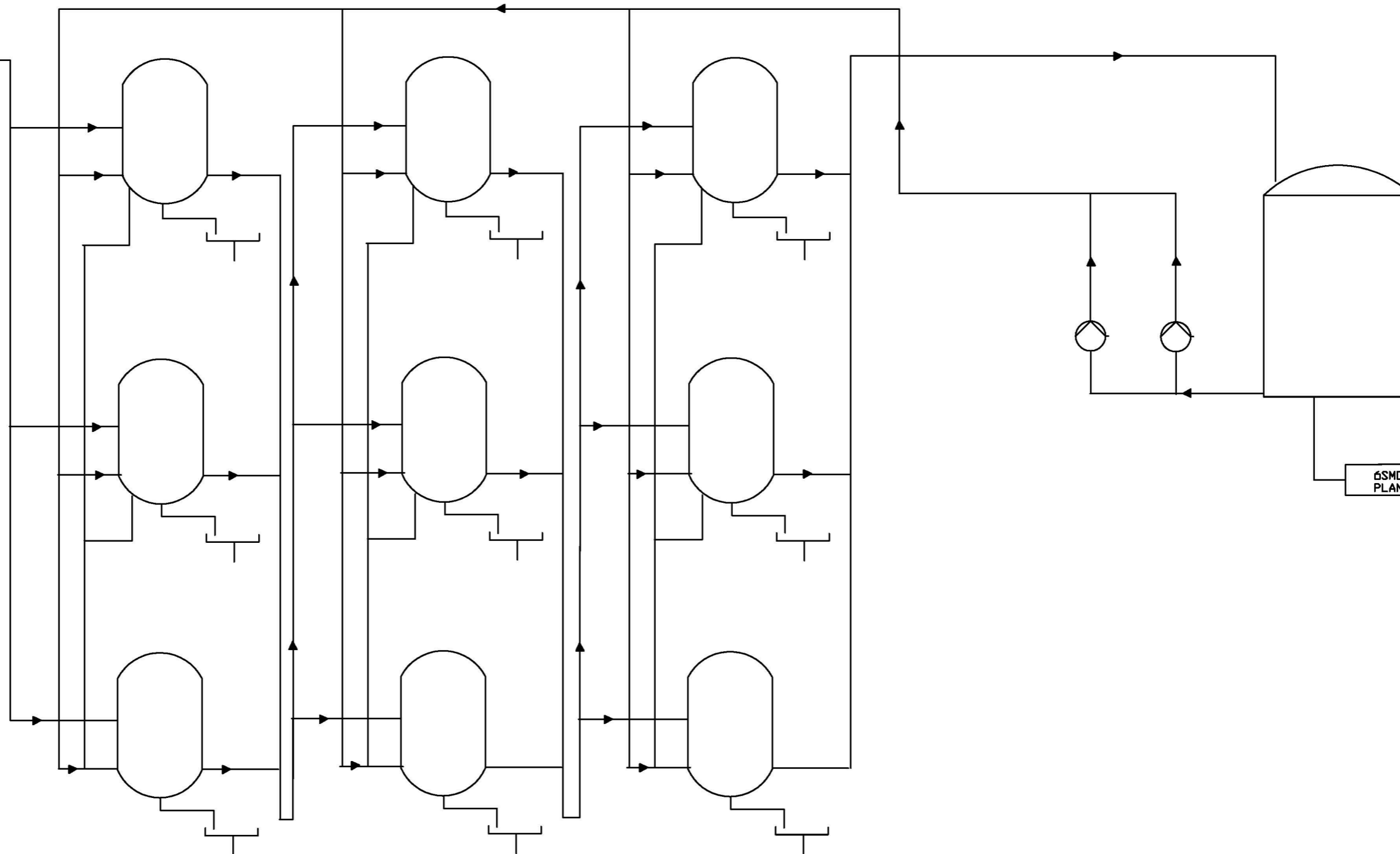


E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: PLANTA DE TRATAMIENTO DE FUEL		Escala: 1:1
		Nº 3


SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

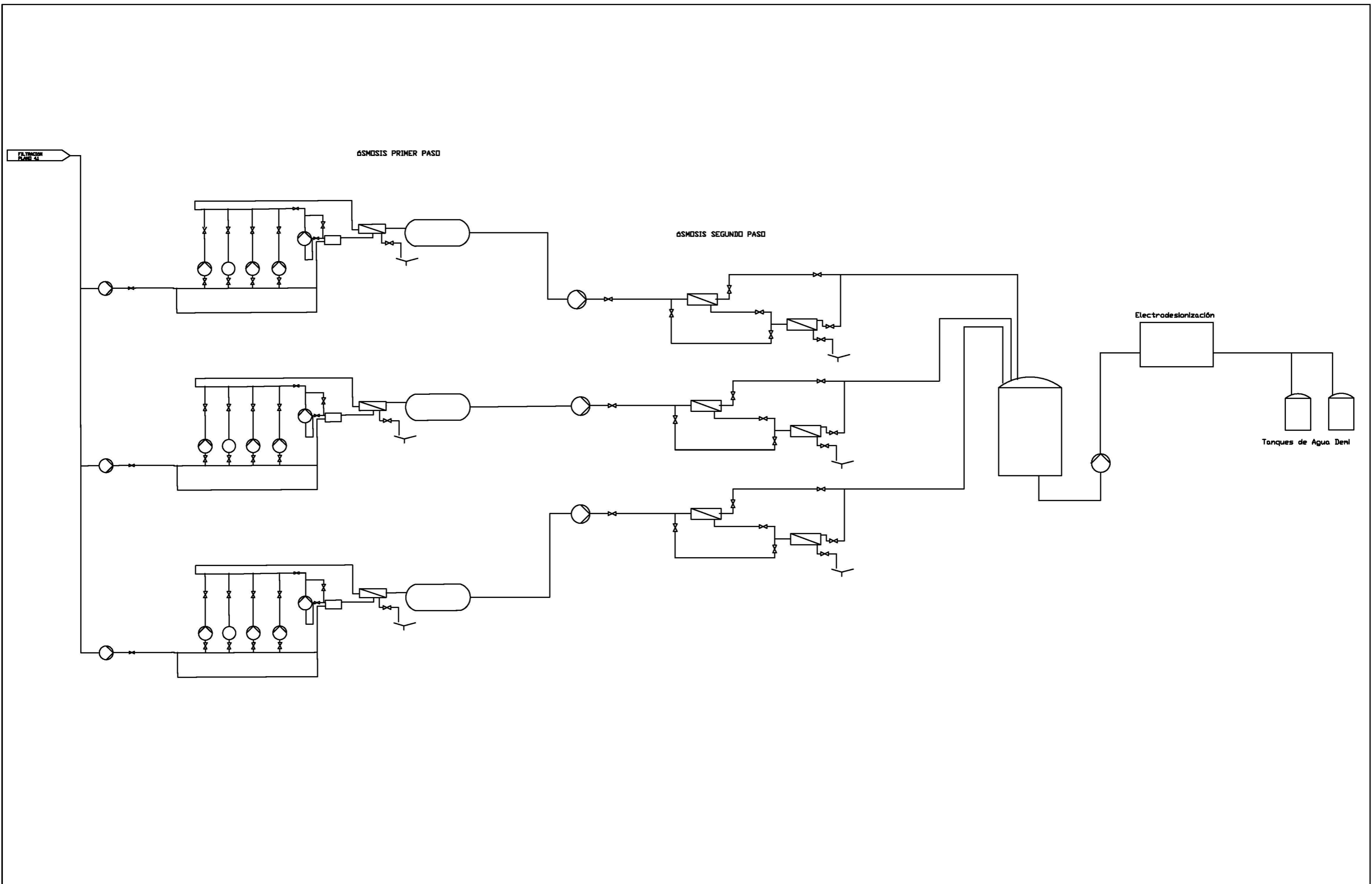
FILTRACIÓN


CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR



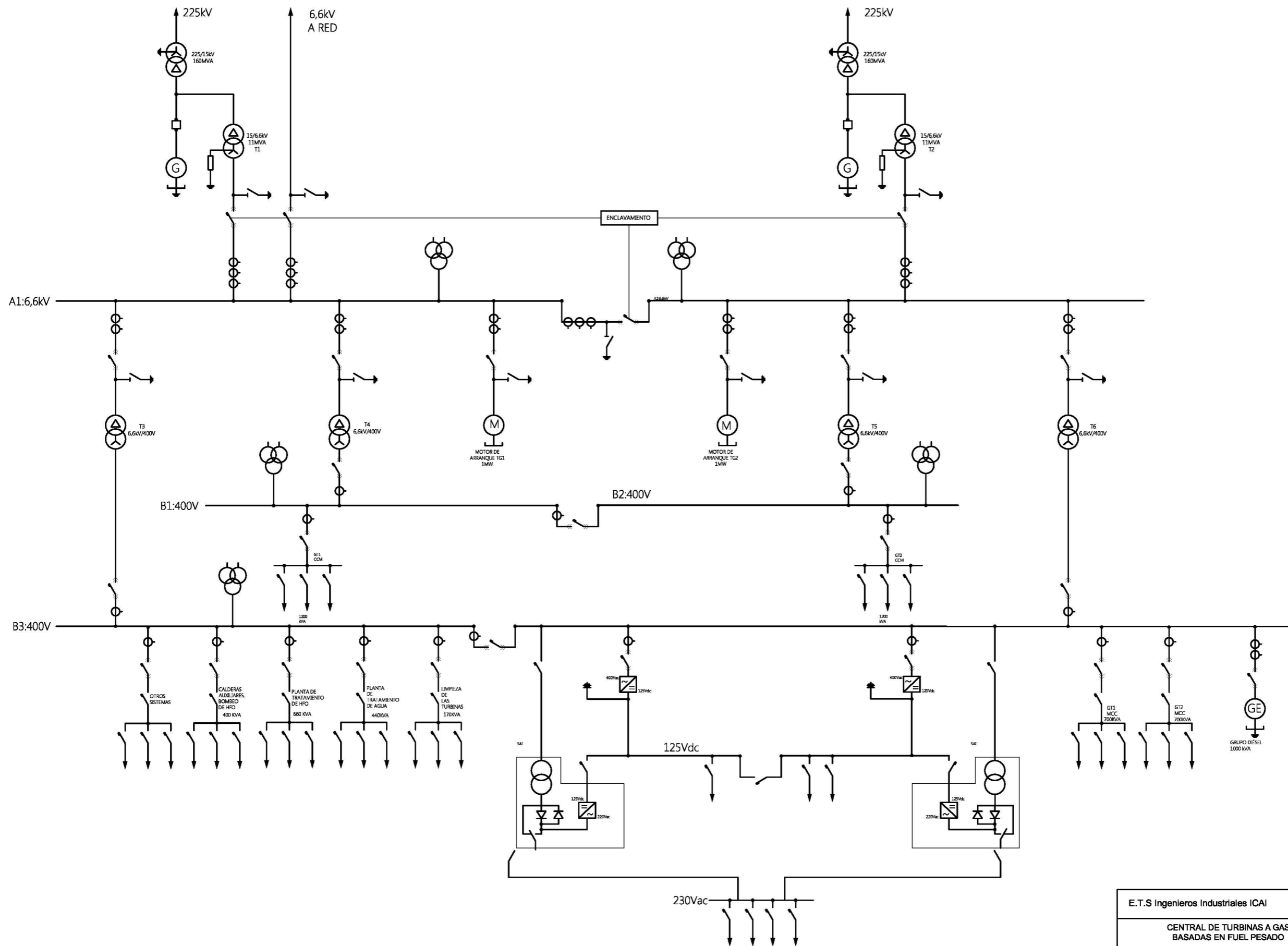
ÓSMOSIS INVERSA
PLANO 4.2

E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		Escala: 1:1
		Nº: 4.1



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		Escala: 1:1
		Nº: 4.2

SISTEMA ELÉCTRICO

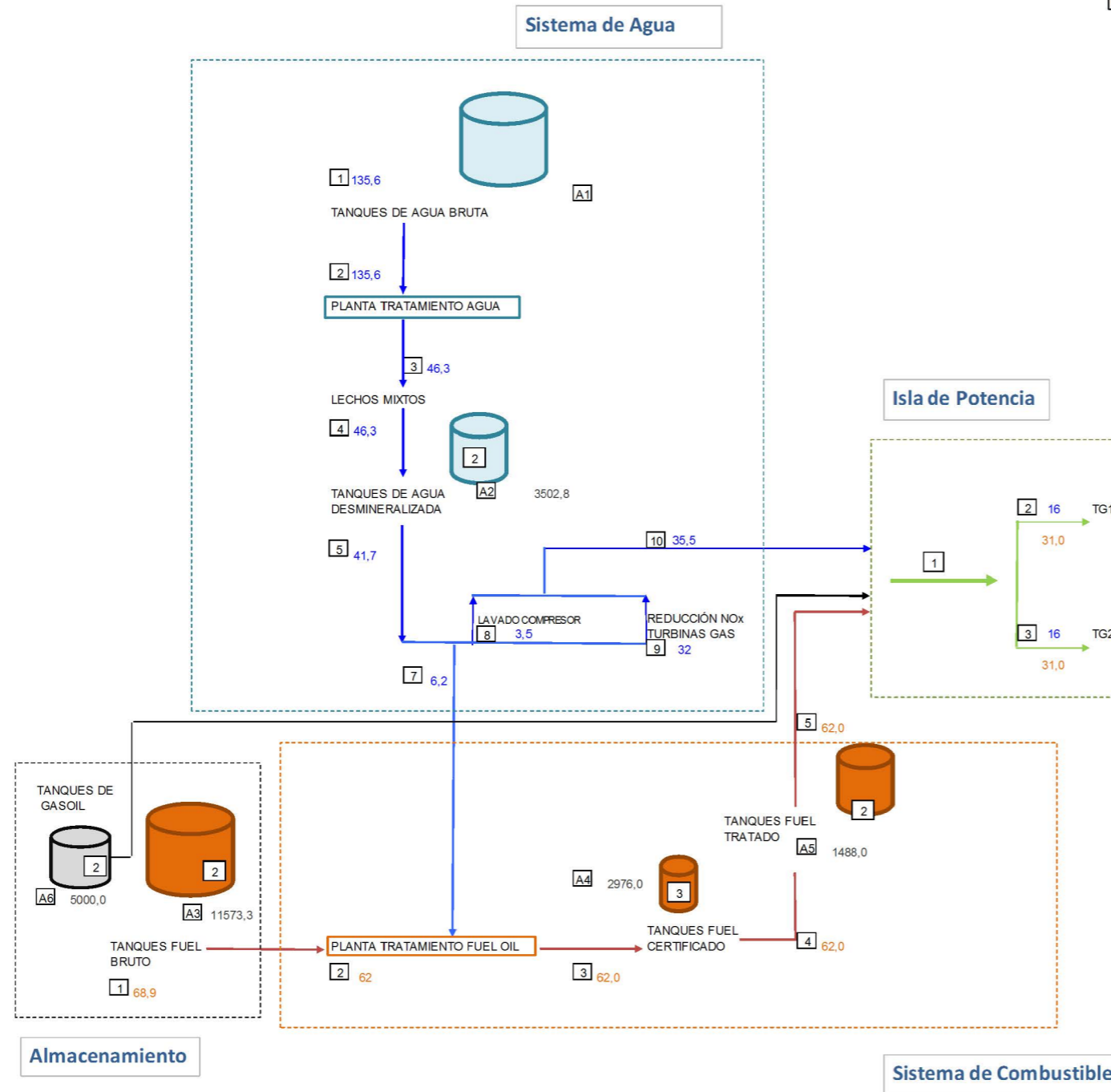


E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: ESQUEMA UNIFILAR		Escala: 1:1
		Nº 5

CÁLCULOS

Autonomía	14 Días			7 días				
	Fuel	Agua	gasoil	Fuel	Agua	gasoil		
	Cantidad	capacidad total	volumen por tanque	cantidad	capacidad total	volumen por tanque	capacidad total	volumen por tanque
Bruto	2	23.147	11.573	-	-	-	5.000	5.000
Certificado	3	8.928	2.976	-	-	-	-	-
Tratado	2	2.976	1.488	2	7.006	3.503	-	-

densidad Fuel 975 kg/m³
 Poder calorífico HFO 40821,3 kJ/kg
 Potencia 105006,5 kW
 Heat Rate 11388 kJ/kWh
 Nº Turbinas 2 unidades
 Densidad Gasoil 832 kg/m³
 Poder calorífico Gasoil 43100 kJ/kg



E.T.S Ingenieros Industriales ICAI		
CENTRAL DE TURBINAS A GAS BASADAS EN FUEL PESADO		
Autor: María Barrado de Solís	Firma:	Fecha: 26/05/2015
Título: CÁLCULO DE FLUJO GENERAL		Escala: 1:1
		Nº 6

***Parte IV PLIEGO DE
CONDICIONES***



Capítulo 1	Condiciones Generales y Económicas	9
1.1	OBJETIVO DEL PLIEGO	9
1.2	DOCUMENTOS DEL PROYECTO	9
1.3	DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA	10
1.4	INDUSTRIALES Y SUBCONTRATISTAS	11
1.5	GASTOS E IMPUESTOS	12
1.6	ASOCIACIÓN DE CONSTRUCTORES	12
1.7	SUBCONTRATISTAS	12
1.8	RELACIÓN ENTRE LA PROPIEDAD Y EL CONTRATISTA; Y ENTRE LOS DIVERSOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS	13
1.9	REPRESENTACIONES	14
1.10	OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN MATERIA SOCIAL	15
1.11	GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA	17
1.12	GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA PROPIEDAD	18
1.13	INDEMNIZACIÓN POR CUENTA DEL CONTRATISTA	19
1.14	RESCISIÓN DE CONTRATO	19
1.15	PROPIEDAD INDUSTRIAL Y COMERCIAL	21
1.16	MODIFICACIONES DEL PROYECTO	22
1.17	MODIFICACIONES DE LOS PLANOS	23
1.18	SEGURIDAD Y SALUD	24
1.19	CONTROL DE CALIDAD	24



1.20	REPLANTEO DE OBRAS.....	25
<i>Capítulo 2</i>	<i>Condiciones Técnicas.....</i>	<i>27</i>
2.1	Características Técnicas De Los Materiales	27
2.1.1	2.1.1 CALIDAD DE MATERIALES Y MATERIALES DESECHADOS	27
2.1.2	2.1.2 PROCEDENCIA, RECONOCIMIENTO Y CALIDAD DE LOS MATERIALES	27
2.1.3	2.1.3 MUESTRAS	28
2.1.4	2.1.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIONES. REMODELACIÓN DEL TERRENO	28
2.1.5	2.1.5 HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN	29
2.1.6	2.1.6 ACERO LAMINADO	29
2.1.7	2.1.7 CEMENTO	29
2.1.8	2.1.8 AGUAS.....	30
2.1.9	2.1.9 ARENAS Y ÁRIDOS	30
2.1.10	2.1.10 CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA	31
2.1.11	2.1.11 OTROS MATERIALES	31
2.2	Ejecución Y Control De Obras.....	31
2.2.1	2.2.1 ESTRUCTURA DE ACERO.....	31
2.2.2	2.2.2 ANDAMIOS	32
2.2.3	2.2.3 APEOS Y VALLAS	32
2.3	Mediciones Y Valoraciones.....	33
<i>Capítulo 3</i>	<i>Pliego De Condiciones</i>	<i>35</i>
3.1	Alcance De Los Trabajos	35
3.1.1	3.1.1 Condiciones De Diseño	35
3.1.1.1	3.1.1.1 Funcionamiento	40
3.2	Acceso A Las Obras	41
3.3	Presencia En Obra.....	41
3.4	Organización De Las Obras	41
3.5	Dirección De La Obra	42
3.6	Finalidad De Las Visitas De Obra	42
3.7	Libro De Órdenes	43



3.8	Vigilancia Y Policía En Las Obras.....	43
3.9	Empleo De Materiales Nuevos Pertenecientes A La Propiedad	44
3.10	Uso Anticipado De Las Instalaciones Definitivas	44
3.11	Planes De Obra Y Montaje	44
3.12	Plazos De Ejecución.....	45
3.13	Retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras	46
3.14	Incumplimiento De Los Plazos Y Penalizaciones	46
3.15	Supresión De Las Multas	47
3.16	Bonificaciones Y Primas	47
3.17	Retrasos Ocasionados Por La Propiedad	48
3.18	Daños Y Ampliación De Plazo En Caso De Fuerza Mayor	48
3.19	Mediciones De Las Unidades De Obra	49
3.20	Certificación Y Abono De Las Obras	49
3.21	Abono De Unidades Incompletas O Defectuosas	51
3.22	Recepción Provisional De Las Obras.....	51
3.23	Plazo De Garantía	52
3.24	Recepción Definitiva De Las Obras	52
3.25	Liquidación Definitiva De Las Obras	53
	Capítulo 4 Pliego de condiciones eléctrico	55
4.1	Objeto	55
4.2	Normas, Reglamentos y documentación aplicable	55
4.2.1	Normas y Reglamentos	55
4.3	Criterios Generales de fabricación y diseño de equipos eléctricos.....	57
4.4	Seguridad de la instalación	59
4.4.1	Protección contra contactos directos e indirectos.....	59



4.4.2 Protección contra tensiones de contacto.....	60
4.5 Motores de media tensión	60
4.5.1 Características constructivas	60
4.5.2 Características eléctricas	61
4.5.3 Medidas de protección	62
4.5.4 Otras características	62
4.5.4.1 Cajas de bornas.....	62
4.5.4.2 Cojinetes.....	62
4.5.4.3 Vibraciones.....	63
4.5.4.4 Protección contra explosión	63
4.6 Motores de baja tensión	63
4.6.1 Características constructivas	64
4.6.2 Características eléctricas	64
4.6.3 Medidas de Protección	65
4.6.4 Otras características	65
4.6.4.1 Caja de Bornas	65
4.6.4.2 Cojinetes.....	65
4.6.4.3 Protección contra explosión	66
4.7 Cabinas de Media tensión.....	66
4.7.1 General.....	66
4.7.2 Interruptores/Contactores	67
4.7.3 Relés de protección	68
4.7.4 Transformadores de medida.....	68
4.7.5 Medidas locales.....	69
4.7.6 Control de las celdas	69
4.7.7 Cableado interno a las celdas	70
4.8 Transformadores de MT/BT	70
4.9 Cabinas de Baja Tensión. Centros de Fuerza	71
4.10 Cabinas de Baja Tensión. Centros de control de motores	74
4.11 Cuadro de fuerza y alumbrado	75
4.12 Sistema de corriente continua	76
4.12.1 Baterías de 125 V cc	76



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

Condiciones Generales y Económicas

4.12.2 Cargador – Rectificador y Barras de distribución de 125 V cc	77
4.13 Sistema de corriente alterna segura.....	78
4.14 Cables	79
4.14.1 Cables de Media y Baja Tensión.....	79



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 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.

1.3 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.

1.4 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.

1.5 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.

1.6 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.

1.7 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.

1.8 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.

1.9 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.

1.10 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 limite:
 - 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.

1.11 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.

1.12 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.

1.13 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.

1.14 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.

1.15 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.

1.16 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.

1.17 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.



1.18 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.

1.19 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.

1.20 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.



Capítulo 2 **CONDICIONES TÉCNICAS**

2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

2.1.1 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.



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.

3.1.1 CONDICIONES DE DISEÑO

1. Disponibilidad de agua bruta

La central dispondrá de agua proveniente del mar.

2. Agua potable

Se obtendrá a partir de tratamiento de agua de forma que la concentración de cloro en el agua destinada a potable sea menor a 0.2 mg/l aproximadamente, de acuerdo a los requisitos de la legislación vigente.

Parámetro	Unidad	Media
pH a 20°C	pH	7
Conductividad a 20°C	μS/cm	550
Contenidos en:		
Calcio	ppm	100



Magnesio	ppm	10
Sodio	ppm	51
Potasio	ppm	1,5
Cloruros	ppm	75
Sulfato SO ₄	ppm	17
Bicarbonatos HCO ₃	ppm	340
Silicio SiO ₂	ppm	17

3. Agua desmineralizada

El agua requerida por la planta de tratamiento de combustible y la isla de potencia debe cumplir lo siguiente:

Parámetro	Unidad	Valor límite
Conductividad específica a 25°C	μS/cm	< 1
Sodio + potasio	ppm como Na + K	< 0,5
Sílice total	ppm como SiO ₂	< 0,5
Calcio	ppm como Ca	< 0,5

4. Disponibilidad de combustibles

Durante una primera fase de funcionamiento, las turbinas de gas quemarán fuel pesado tratado previamente. En un futuro este combustible se sustituirá por gas natural, condicionado a la disponibilidad y acceso al mismo.

4.1. Fuel pesado (Bruto)



Las características del combustible en consideración para este proyecto son las siguientes:

Parámetro	Unidad	Min	Med	Max
- Viscosidad a 50°C	cSt	110		380
- Viscosidad a 50°C	cSt			40
- inflamabilidad	°C	70		190
- Poder calorífico inferior	kcal/kg	9600		9750
- Densidad 15°C	kg/m3			975
- Contenidos en :				
Azufre	%Masa			1
Agua	%Masa			1
Sedimentos	%volumen		2,5	
Cenizas	%Masa			0,1
Contaminantes metálicos:				
Vanadio	ppm			80
Sodio	ppm			50
Potasio	ppm			35
Plomo	ppm			1
Calcio	ppm			10
Magnesio	ppm			16
Níquel	ppm			1,3
Zinc	ppm			1,3
Silicio	ppm			5



Hierro	ppm	8
--------	-----	---

4.2. Gasoil

Las características del combustible a tener en consideración para el proyecto son las siguientes:

Parámetro	Unidad	Min	Med	Max
Viscosidad a 50°C	cSt			
Viscosidad a 100°C	cSt			
inflamabilidad	°C	50		
Poder calorífico inferior	kcal/kg		1003	
			9	
Densidad (condiciones normales)	kg/m ³		814	
Contenidos en:				
Azufre	% masa			0,3
Agua + Sedimentos	% masa			0,5
Contaminantes metálicos				
Vanadio	ppm			20
Sodio + Potasio	ppm			2
Plomo	ppm			0,3
calcio	ppm			2
magnesio	ppm			0,4

4.3. Gas natural



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

Pliego De Condiciones

El gas natural no será utilizado hasta la segunda fase del funcionamiento de La central, en ciclo combinado, al igual que las calderas de recuperación y las turbinas de vapor.



4.4. Configuración eléctrica

La energía producida por los grupos será transferida a la red nacional mediante los postes existentes de 225kV.

Los niveles de tensión existentes en la central son los siguientes:

- 225 kV, 50 Hz Para interconexión al sistema de red.
- 14,5 kV, 50 Hz Sistema de Generación.
- 6,6 kV, 50 Hz Sistema de Auxiliares (M.T.)
- 400 V, 50 Hz Sistema de Auxiliares (B.T.)
- 400-230 V, 50 Hz Sistema de Auxiliares (B.T.). Distribución 3F+CPN.
- 230 V, 50 Hz Sistema de Tensión Segura (UPS).
- 125 Vcc Sistema de Corriente Continua.

3.1.1.1 Funcionamiento

- a) La planta funcionará 24 horas diarias, produciendo aproximadamente 200MW de potencia neta.
- b) EL consumo de Agua Bruta para este fin será de 171,5 m³/h produciéndose un caudal de 42 m³/h de agua desmineralizada.
- c) el consumo de Fuel pesado bruto que alimenta a las turbinas es de 65,7 m³/h de los cuales prácticamente el 100% es tratado y quemado en las turbinas.
- d) para el calentamiento del combustible es su recorrido por la planta, hasta ser quemado en las turbinas, se utiliza agua sobresaturada, de manera que éste se mantiene a la temperatura necesaria para poder fluir por la red de tuberías.
- e) el consumo de gasoil está destinado a arranques paradas y limpieza de las turbinas. Esta última tarea se realizará al menos una vez por semana.
- f) El grupo diésel auxiliar se utilizará en el caso de que la planta lo requiera.
- g) los motores de arranque de ambas turbinas tomarán energía de la red.



j) los diferentes sistemas de la planta podrán ser operados y supervisados 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 los sistemas (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.

3.2 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.

3.3 PRESENCIA EN OBRA

El contratista deberá presentarse en la obra siempre que le convoque la Dirección Facultativa de la misma.

3.4 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.

3.5 DIRECCIÓN DE LA OBRA

Para la Dirección Facultativa de obra, será designado un técnico competente.

3.6 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.



3.7 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.

3.8 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.



3.9 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.

3.10 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.

3.11 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.

3.12 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 %.



3.13 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.

3.14 INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS Y PENALIZACIONES

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

3.15 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.

3.16 BONIFICACIONES 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.



3.17 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.

3.18 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.



3.19 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.

3.20 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 bonos



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.



3.21 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 certificación 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.

3.22 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.



3.23 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.

3.24 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.

3.25 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.



Capítulo 4 PLIEGO DE CONDICIONES

ELÉCTRICO

4.1 OBJETO

El objeto de este documento es determinar los criterios básicos para el diseño, documentación, fabricación, suministro y montaje de los equipos eléctricos a implantar.

4.2 NORMAS, REGLAMENTOS Y DOCUMENTACIÓN APLICABLE

4.2.1 NORMAS Y REGLAMENTOS

El diseño eléctrico así como los equipos estarán conformes con las últimas revisiones vigentes de las normas CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), y en especial con las siguientes:

- IEC 60034: Rotating Electrical Machines.
- IEC 60044-1: Current transformers.
- IEC 60044-2: Inductive voltage transformers.
- IEC 60076-1: Power transformers, Part 1: General.
- IEC 60076-7: Loadind guide for oil-immersed power transformers.
- IEC 60079-1: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres, Part 1: Construction and test of flameproof enclosures of electrical apparatus.



- IEC 60079-10: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres, Part 1:
- IEC 60086-1: Primary batteries, Part 1: General.
- IEC 60099: Surge arresters
- IEC 60137: Bushings for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 60214: Tap-changers.
- IEC 60228: Conductors of insulated cables.
- IEC 60265-1: High-voltage switches - Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV.
- IEC 60269-1: Low voltage fuses, Part 1: General requirements.
- IEC 60287-1-1: Electric cables – Calculation of the current rating, Part 1.
- IEC 60296: Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear
- IEC 60332-1: Test on electric cables under fire conditions, Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable.
- IEC 60364: Electrical installations on buildings.
- IEC 60404-12: Guide to methods of assessment of temperature capability of
- Interlaminar insulation coatings.
- IEC 60439: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies.
- IEC 60502-1: Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages
- from 1 kV to 30 kV.
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code).
- IEC 60598-1: Luminaires, Part 1: General requirements and tests.
- IEC 60617: Graphical symbols for diagrams.
- IEC 60694: Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.
- IEC 60947-1: Low voltage switchgear and control gear, Part 1: General rules.
- IEC 61000-5-2:1997: Electromagnetic compatibility (EMC). Part 5: Installation and mitigation guidelines. Section 2: Earthing and cabling.
- IEC 61672-1: Sound level meters.
- IEC 62271-100: High Voltage AC circuit breakers.
- IEC 62271-102: AC disconnectors and earthing switches.
- IEC 62271-105: Alternating current switch-fuse combinations.



- IEC 62271-200: AC metal-enclosed switchgear and control gear for rated voltage above 1 kV and up to and including 52 kV.
- IEC 62305: Protection against lightning.
- IEEE Std 80-2000: IEEE Guide for safety in AC substation grounding.
- IEEE Std 81-1983: IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system.
- IEEE Std 485: Sizing lead-acid batteries for stationary applications.
- UNE EN 12464-1: 2003: Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo.

4.3 CRITERIOS GENERALES DE FABRICACIÓN Y DISEÑO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

Para el material suministrado, el Contratista deberá garantizar la disponibilidad de piezas de recambio durante al menos un período de diez (10) años.

El equipo eléctrico deberá resistir sin daño o deformación permanente las consecuencias de las sobretensiones de origen atmosférico o interno y las máximas corrientes de cortocircuito.

El equipo eléctrico será de fabricación uniforme y con el mayor grado de intercambiabilidad posible. El diseño del equipo eléctrico facilitará su mantenimiento y reparación.

El suministrador tendrá la responsabilidad completa de realizar un diseño para la operación segura de los equipos. En el dimensionamiento y diseño deben tenerse en cuenta criterios de seguridad y disponibilidad con objeto de disminuir las necesidades de mantenimiento, alcanzar una larga vida de operación y de facilitar las pruebas y el montaje. El diseño del equipo eléctrico debe facilitar su mantenimiento y reparación.

El equipo eléctrico estará diseñado para garantizar la máxima seguridad al operador en condiciones de funcionamiento normal o en condiciones de falta.



No debe ser posible, de forma involuntaria, el acceso a partes en tensión o la realización de falsas maniobras que conlleven a una falta.

Todos los materiales empleados deben ser nuevos y de la mejor calidad. Deben ser capaces de operar bajo las condiciones establecidas.

Los materiales deben soportar las variaciones de temperatura y condiciones climatológicas que se produzcan en la planta durante el periodo de construcción y de operación, sin cambios en las formas o reducción de las prestaciones, o daños (v.g. corrosión).

El diseño y fabricación de todo el equipo eléctrico deberá cumplir con las exigencias establecidas por la última edición de la normativa aplicable, o las que se especifiquen particularmente en este documento.

El equipo eléctrico instalado en áreas peligrosas en que exista peligro de explosión (manejo de combustible) será de construcción antiexplosiva, con las clases de protección correspondientes establecidas por las normas.

Todos los equipos eléctricos se suministrarán completos e interconectados, con los instrumentos de medida, protecciones y señalizaciones, conectados de forma tal que resulte posible operar la central satisfactoriamente.

Todos los aparatos estarán diseñados para evitar el riesgo de cortocircuitos accidentales debidos a animales (pájaros, roedores, alimañas, insectos, víboras, etc.).

Las aberturas en cerramientos con ventilación estarán diseñadas para impedir el acceso de insectos y otros animales.

Todos los equipos de intemperie deberán diseñarse de manera que se evite la formación de bolsas de agua.



4.4 SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN

4.4.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Todas las partes ‘vivas’ de los equipamientos eléctricos que puedan ser alcanzados por la mano, deberán ser protegidas contra el contacto directo mediante la utilización de aislantes, diseño constructivo, posición, disposición o elementos especiales. En el caso de tableros o gabinetes cerrados que deban poder ser abiertos durante operación normal, se deberán prever protección contra el contacto, aún con el tablero o gabinete abierto.

Para equipo de más de 1000 V instalados en áreas generales, se ofrecerá una protección completa desde todos los lados contra el contacto. Si están instalados en salas eléctricas, se ofrecerá una protección contra contactos accidentales dentro y fuera del alcance del personal. En ambos casos, los dispositivos de protección sólo podrán ser retirados mediante herramientas.

Estas medidas también aplican a partes conductoras de la instalación que, en caso de falta, pudieran llegar a acumular un potencial peligroso y que no fueran susceptibles de ser conectadas a tierra por motivos de servicio.

El sistema de protección frente a contactos indirectos en BT cumplirá con el esquema TN, siendo del tipo TN-C para el sistema de 400 V de Servicios Auxiliares de B.T. y del tipo TN-S para el sistema de 400-230 V de Servicios Auxiliares de B.T. de Fuerza y Alumbrado. Para subsistemas “paquete” que no estén dotados de transformadores de alumbrado, siempre se podrá recurrir al esquema TN-C-S a partir del TN-C suministrado.



4.4.2 PROTECCIÓN CONTRA TENSIONES DE CONTACTO

Todas las partes conductoras de la instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo como consecuencia de una avería, falta, sobretensión o descarga atmosférica, se pondrán a tierra de forma eficaz para evitar que aparezcan tensiones de contacto que pongan en peligro la seguridad del personal.

Al considerar el dimensionamiento del sistema de puestas a tierra de protección, la disipación térmica y los voltajes serán factores decisivos en el diseño.

En las áreas con riesgo de explosión, los sistemas de protección deberán ser acordes a la normativa específica.

4.5 MOTORES DE MEDIA TENSIÓN

Serán aquellos cuya potencia sea superior a 160 kW.

4.5.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Se aplicarán las siguientes características constructivas:

- Serán de tipo anti-explosión los instalados en las estaciones de alimentación y transferencia de combustible.
- El grado de protección será no menor a IP54.
- Serán de tipo totalmente sellado con refrigeración por ventilador. Para el dimensionamiento del motor se deberán tomar en cuenta las condiciones de aire en el lugar específico de montaje.



- El aislamiento será de clase F, funcionando en régimen de calentamiento clase B.
- Contarán con resistencia de calefacción, que entrará en servicio automáticamente cuando el interruptor de alimentación este abierto.
- Los materiales serán resistentes a la corrosión y tratados de manera que resista los agentes presentes en la atmósfera.
- Los motores se diseñarán de forma que se evite la acumulación de agua en el interior, incluyendo la condensación.
- El diseño de los motores deberá cumplir con IEC 60034.

4.5.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

La potencia nominal será de al menos 110% de la potencia máxima requerida por la máquina asociada. Se tomará en cuenta para esto la temperatura ambiente presente en el área de operación del motor.

Entregarán la potencia nominal a las temperaturas ambientes presentes en el lugar de instalación y bajo condiciones de marcha continua.

La tensión nominal será de 6,6 kV.

Funcionarán al $\pm 10\%$ de la tensión nominal.

Todos los motores serán diseñados como motores trifásicos de jaula de ardilla, adecuados para arranque directo a plena tensión y plena carga. Tipo de servicio S1.

La corriente de arranque del motor no deberá superar 6 veces la nominal (referida a 40°C de temperatura ambiente) admitiendo la tolerancia del +20% de la norma IEC 60034-1.



4.5.3 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Los motores contarán con puntos de medida para determinar la temperatura de ranura y cojinetes, de acuerdo al detalle:

- Seis termorresistencias tipo Pt 100 (dos por fase) para medir las temperaturas de ranura.
- Un termopar doble o una termoresistencia tipo Pt 100 por cojinete.

Estarán equipados con terminales de puesta a tierra.

4.5.4 OTRAS CARACTERÍSTICAS

4.5.4.1 Cajas de bornas

Los motores estarán equipados con las siguientes cajas:

- Potencia: prevista para el alojamiento de las botellas terminales de los cables de alimentación.
- Fuerza de BT: para la resistencia de calefacción.
- Control e instrumentación: para conexión de los cables de instrumentación (detectores de temperatura).

El grado de protección será como mínimo el del motor.

Dentro de las cajas se preverá un terminal para la puesta a tierra de la malla de los cables.

El acceso de los cables a las cajas de bornas se realizará mediante prensaestopas, y de acuerdo a lo establecido en el apartado 17.4. La chapa será de material no ferromagnético.

4.5.4.2 Cojinetes

Los motores horizontales se preverán con uno de los siguientes tipos de cojinetes:



- a) Cojinetes de bolas de ranura profunda
- b) Cojinetes de rodillos
- c) Cojinetes de manguito, de antifricción o deslizamiento.
- d) Cojinetes de manguito seccionales.

Los motores verticales montarán un cojinete de empuje y cojinetes guía de manguito y podrán ser de los tipos siguientes:

- a) Cojinete de empuje de sectores con sustentación de aceite y cojinetes guía de manguito.
- b) Cojinete de empuje de rodamientos con rodillos esféricos o con bolas de apoyo angular y cojinetes guía de bolas. No se admiten rodamientos cónicos.

4.5.4.3 Vibraciones

Las vibraciones se medirán como indica la norma IEC 60034-14 y no excederán los límites establecidos en dicha norma. Para los casos no contemplados en esta se aplicará la norma NEMA MG 1-20.52 o bien la norma VDI 2.056.

4.5.4.4 Protección contra explosión

Los motores de Media tensión que sean instalados en áreas expuestas al riesgo de explosión, deberán cumplir las reglas de construcción anti-explosión de acuerdo a la zona clasificada en la que se encuentren.

4.6 MOTORES DE BAJA TENSIÓN

Los motores de baja tensión son aquellos cuya potencia sea igual o inferior a 160 kW.



4.6.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Serán de tipo anti-exposición los instalados en las estaciones de alimentación y transferencia de combustible.
- El grado de protección será no menor a IP54.
- El aislamiento será de clase F, funcionando en régimen de calentamiento clase B.
- Los materiales serán resistentes a la corrosión y tratados de manera que resista los agentes presentes en la atmósfera.
- Los motores se diseñarán de forma que se evite la acumulación de agua en el interior, incluyendo la condensación.
- El diseño de los motores deberá cumplir con IEC 60034.

4.6.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Todos los motores serán trifásicos de jaula de ardilla, adecuados para arranque directo a plena tensión y plena carga. Tipo de servicio S1.

La tensión nominal será 400 Vac.

La intensidad de arranque (referida a una temperatura ambiente de 40°C) no deberá ser superior a los siguientes valores de acuerdo a las Normas IEC:

$$P_n \geq 75 \text{ KW } I_a = 6 \times I_n$$

$$15 < P_n < 75 \text{ kW } I_a = 7,2 \times I_n$$

$$P_n \leq 15 \text{ kW } I_a = 8,5 \times I_n$$

Podrán aplicarse a estos valores la tolerancia del +20% fijada en las normas IEC 60034-1.



Deberán ser capaces de funcionar durante al menos tres (3) segundos a una tensión 0,7 veces la nominal (400 V ca) y reaccelerar el auxiliar arrastrado bajo la tensión nominal restaurada.

4.6.3 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Los motores a partir de una potencia igual o mayor a 75 kW se suministrarán con seis elementos detectores de temperatura en los devanados, dos por fase, y con una termorresistencia doble para medir la temperatura de los cojinetes. Serán del tipo RTD Pt-100. Todos los motores estarán provistos de un terminal de tierra.

4.6.4 OTRAS CARACTERÍSTICAS

4.6.4.1 Caja de Bornas

Todas las cajas de conexión tendrán la misma clase de protección que el motor.

Las cajas de conexión deberán estar montadas de forma que sean fácilmente accesibles.

Todas las cajas de conexión estarán provistas con una regleta de bornas.

El acceso de los cables a las cajas de bornas se realizará mediante prensaestopas, y de acuerdo a lo establecido en el apartado 17.4. La chapa será de material no ferromagnético.

4.6.4.2 Cojinetes

Estos motores utilizarán cojinetes del tipo rodamiento, los cuales deberán estar libres de corrientes parásitas.



4.6.4.3 Protección contra explosión

Los motores de baja tensión que sean instalados en áreas expuestas al riesgo de explosión, deberán cumplir las reglas de construcción anti-explosión de acuerdo a la zona clasificada en la que se encuentren.

4.7 CABINAS DE MEDIA TENSIÓN

4.7.1 GENERAL

Las cabinas de 6,6 kV serán del tipo metal-clad para montaje interior. Tendrán un grado de protección de al menos IP4X. Poseerán barras de cobre en el interior de un conducto blindado e interruptores y/o contactores del tipo extraíble. El Contratista suministrará una celda de reserva completamente equipada tipo motor (potencia mayor de 600 kW) y un carro móvil válido para todas las cabinas.

Dentro de cada celda estarán separados mediante placas metálicas, los compartimentos del interruptor/contactador, barras, transformadores de medida y/o entrada cables y el compartimento de control.

Las cabinas de 6,6 kV se alimentarán de los transformadores auxiliares 14,5/6,6 kV, acoplados a los generadores. En caso de ausencia de alimentación, se dispone de una alimentación alternativa en 6,6 kV proporcionada por el cliente. La distribución será trifásica sin neutro. No obstante, el equipo estará diseñado considerando que el neutro de la red de M.T. está puesto a tierra a través de una impedancia que limita la falta a tierra en la estrella de los transformadores de auxiliares 14,5/6,6 kV.

El conjunto de cabinas así, como el equipo instalado en las mismas, tales como transformadores de medida, embarrado, interruptores, etc., deben de ser



capaces de soportar sin daño todos los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de cortocircuito. Asimismo, soportarán los esfuerzos y solicitaciones debidos al transporte y al montaje.

Se diseñarán de acuerdo a la norma IEC-62271-200 e IEC-60694.

Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a las cabinas se realizarán por la parte inferior de éstas.

Los contactos principales y auxiliares de todas las partes móviles y extraíbles, así como las correspondientes partes fijas, estarán plateados.

4.7.2 INTERRUPTORES/CONTACTORES

Las cabinas irán equipadas con interruptores o contactores de tipo interior, extraíbles, trifásicos, de corte en SF6 o en vacío, con las intensidades y protecciones adecuadas a los servicios que alimentan.

Se utilizarán interruptores para las acometidas, acoplamiento, alimentación a transformadores MT/BT. Podrán utilizarse contactores – fusibles para la alimentación a motores hasta 600 kW.

Los carros de los interruptores tendrán tres posiciones:

Insertado Con los contactos principales y los circuitos auxiliares conectados.

Test Con los contactos principales desconectados y los circuitos auxiliares conectados.

Extraído Con los contactos principales y los circuitos auxiliares desconectados (incluidos los que se enchufen a mano).

Sólo será posible cambiar la posición del carro con el interruptor abierto.

Cada celda contará con un seccionador para poner simultáneamente a tierra las tres fases, el cual estará enclavado de forma tal que sea imposible provocar un cortocircuito a tierra. Este seccionador poseerá llave para bloquearlo en cualquier posición.



Las sobretensiones que puedan ocurrir en los motores de MT debido a la apertura de su contactor asociado (en el caso de corte en vacío), estarán adecuadamente controladas.

4.7.3 RELÉS DE PROTECCIÓN

Cada celda poseerá un relé de protección modular, adecuado al servicio de la celda (motor o alimentación).

Todos los relés de protección serán realizados con tecnología mediante microprocesador, con sistema programable multifunción. Las funciones de protección de los relés estarán adecuadas a la salida que monitorizan.

Los cuadros de M.T., en su cabina de medida de barras, contarán con un relé electrónico de mínima tensión, que abra los alimentadores en caso de una tensión de alimentación inadmisiblemente baja.

Estarán alimentados en 125 Vcc.

4.7.4 TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Los transformadores deberán tener núcleos independientes para medida y protección. Se utilizarán las siguientes clases de precisión para los transformadores:

Transformadores de corriente:

Para tarificación de energía: clase 0,2S

Para medición: clase 0,5

Para protección: clase 10P10, 5P10, 5P20, PX

Transformadores de tensión:

Para tarificación de energía clase 0,2S



Para medición: clase 0,5

Para protección: clase 3P

4.7.5 MEDIDAS LOCALES

Los medidores serán a prueba de vibración y golpes y estarán montados al ras de las celdas.

Las barras y/o acometidas contarán con voltímetros provistos de llaves voltimétricas de cuatro posiciones (L1-N, L2-N, L3-N, L1-L2)

4.7.6 CONTROL DE LAS CELDAS

Los circuitos de control de las celdas estarán alimentados en 125 Vcc desde el equipo rectificador batería. El circuito de control de las cabinas tendrá dos alimentaciones de corriente continua (redundancia en la alimentación).

En general, los circuitos de control de las cabinas permitirán la maniobra local y remota de los aparatos de corte (interruptores automáticos, contactores, seccionadores), el bloqueo, la señalización de estados y la señalización de alarmas.

Los relés auxiliares serán todos enchufables.

En el caso de disparo del interruptor por actuación de una protección, no será posible volver a cerrarlo, hasta que se realice el desbloqueo en forma local.

Cada celda tendrá un selector LOCAL/REMOTO.

Las cabinas estarán dotadas de los enclavamientos necesarios para impedir la realización de falsas maniobras.

Independientemente del circuito de control, los aparatos de corte (interruptores automáticos, contactores y seccionadores) deberán estar dotados de mecanismos de enclavamiento mecánico que impidan su cierre.



4.7.7 CABLEADO INTERNO A LAS CELDAS

Las conexiones de control al carro del interruptor serán enchufables. La conexión y desconexión se realizará de forma automática al cambiar de posición el carro.

Las bornas de los circuitos de corriente deberán ser seccionables y cortocircuitables, con puntos adecuados para la inserción de equipo de medida. Las bornas de los circuitos de voltaje deberán ser seccionables no cortocircuitables.

Todo el cableado interno estará identificado en ambos extremos por collarines alfanuméricos. Estas identificaciones figurarán en los planos de las celdas.

4.8 TRANSFORMADORES DE MT/BT

Los auxiliares de 400 V se alimentarán desde el sistema de 6,6 kV a través de transformadores de MT/BT.

Los transformadores serán trifásicos, de dos arrollamientos, para montaje en intemperie y servicio continuo en plena carga.

Los transformadores serán capaces de soportar sin daño todos los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de cortocircuito presentes en la instalación.

Asimismo soportarán los esfuerzos y sollicitaciones debidas al transporte y al montaje.

El neutro de la red de B.T. estará puesto rígidamente a tierra en la estrella de los transformadores MT/BT.

Los transformadores se diseñarán de acuerdo a las siguientes normas:

- IEC 60076: Transformadores de potencia.



- IEC 60214: Cambiadores de tomas en carga.
- IEC 62271-200: Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- IEC 60076-7: Guía de carga para transformadores sumergidos en aceite.
- IEC 60404-12: Guide to methods of assessment of temperature capability of interlaminar insulation coatings.
- IEC 60137: Pasatapas para tensiones superiores a 1000 V.
- IEC 60296: Prescripción para aceites nuevos para transformadores de potencia y medida e interruptores.
- IEC 60099: Pararrayos.

4.9 CABINAS DE BAJA TENSION. CENTROS DE FUERZA

Las barras de los centros de fuerza de baja tensión estarán constituidas por conjuntos de cabinas metálicas compartimentadas tipo metal-clad.

Por cada conjunto de cabinas se suministrará como reserva un 10% de celdas completamente equipadas de cada tipo utilizado en el cuadro. Permanecerán instaladas las partes fijas de las celdas, mientras que los compartimentos extraíbles correspondientes, completamente equipados, se suministrarán como piezas de recambio.

Se preverán compartimentos separados para los siguientes elementos:

Compartimento de mando y control, compartimento del interruptor, compartimento de barras y compartimento de salida (conteniendo TIs, TTs, terminales para conexión de cables, pletinas de conexión con el interruptor).

Estarán alimentadas desde los transformadores de MT/BT.

Para el conjunto de cabinas de alimentación normal a los CCMs de las turbinas, la distribución será trifásica sin reparto de neutro. No obstante, el



equipo estará diseñado considerando que el neutro de la red de B.T. está puesto rígidamente a tierra en la estrella de los transformadores MT/BT.

Para el conjunto de cabinas de alimentación alternativa a los CCMs de las turbinas y resto de servicios auxiliares, la distribución será trifásica con reparto de neutro, siendo las barras del neutro de igual sección a la de las fases. El equipo estará diseñado considerando que el neutro de la red de B.T. está puesto rígidamente a tierra en la estrella de los transformadores MT/BT.

Desde estos dos conjuntos de barras se dará servicio a los motores de potencia igual o inferior a 160 kW y al resto de consumidores que lo requieran.

La distribución de servicios entre cabinas de B.T. se realizará con un criterio de reparto homogéneo de carga, de forma que, en lo posible, los servicios duplicados se alimenten de diferente transformador con el fin de aumentar la fiabilidad de funcionamiento.

Los Centros de Fuerza se diseñarán de tal forma, que tanto la estructura de los mismos, como las barras principales y demás elementos instalados sean capaces de soportar sin deterioro los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de servicio continuo y las de cortocircuito.

Las cabinas de los centros de fuerza se pueden clasificar, atendiendo a su función, en los siguientes tipos:

- Acometida.
- Acoplamientos
- Medida de barras.
- Salidas tipo Arrancador (arranque directo).
- Salidas tipo Alimentador.
- Otras (salidas a generador de emergencia, etc.)

En general, se dispondrá de interruptores automáticos montados en ejecución extraíble para todas las salidas.



Los circuitos de control de las cabinas estarán alimentados en 125 Vcc desde el equipo rectificador batería. El circuito de control de las cabinas tendrá dos alimentaciones de corriente continua (redundancia en la alimentación).

En general, los circuitos de control de las cabinas permitirán la maniobra local y remota de los interruptores automáticos, el bloqueo, la señalización de estados y la señalización de alarmas. Los relés auxiliares serán todos enchufables.

En el caso de disparo del interruptor por actuación de una protección, no será posible volver a cerrarlo, hasta que se realice el desbloqueo en forma local.

Cada celda tendrá un selector LOCAL/REMOTO.

Los relés de protección serán electrónicos con microprocesador, de última generación. Se pueden disponer relés multifunción independientes o unidades de protección asociadas al interruptor. Las funciones de protección de los relés deberán ser adecuadas a la salida que monitorizan.

Los centros de fuerza, en su cabina de medida de barras, contarán con un relé electrónico de mínima tensión, que abra los alimentadores en caso de una tensión de alimentación inadmisiblemente baja.

Los transformadores de medida deberán tener núcleos independientes para medida y protección. Se utilizarán las siguientes clases de precisión para los transformadores:

Transformadores de corriente:

Para medición: clase 0,5

Para protección: clase 10P10, 5P10 ó 5P20

Transformadores de tensión:

Para medición: clase 0,5

Para protección: clase 3P

Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a las cabinas se realizarán por la parte inferior de éstas.



Las cabinas tendrán un grado de protección IP-3X y deberán tener la rigidez necesaria para soportar sin riesgo los esfuerzos accidentales que se pueden producir en el transporte e instalación en obra, y la construcción debe ser tal que no existan vibraciones.

Los contactos principales y auxiliares de todas las partes móviles y extraíbles, así como las correspondientes partes fijas, estarán plateados. Los contactos principales de los dispositivos de corte también estarán plateados.

Serán diseñadas de acuerdo a las siguientes normas: IEC-60439, IEC-60947-1.

4.10 CABINAS DE BAJA TENSIÓN. CENTROS DE CONTROL DE MOTORES

Los CCMs deberán ser metálicos, totalmente cerrados, con grado de protección IP-

3X, acceso frontal, autosoportados, constituidos por módulos verticales, unidos lateralmente entre sí, formando un conjunto único y rígido de frente común. En cada módulo irán montados los cubículos extraíbles que configuran las salidas de arrancador o alimentador.

Por cada conjunto de CCMs se suministrará como reserva un 10% de celdas completamente equipadas de cada tipo utilizado en el cuadro. Permanecerán instaladas las partes fijas de las celdas, mientras que los cubículos extraíbles correspondientes, completamente equipados, se suministrarán como piezas de recambio.

Los cubículos serán accesibles desde el frente y sin mantenimiento por la parte posterior.

Estarán alimentados desde los centros de fuerza de B.T. Si se precisa neutro, la distribución será trifásica con reparto de neutro, siendo las dimensiones de



esta barra iguales a las de las fases. Si no se precisa neutro, la distribución será trifásica sin reparto de neutro. No obstante, para ambas configuraciones, el equipo estará diseñado considerando que el neutro de la red de B.T. está puesto rígidamente a tierra en la estrella de los transformadores MT/BT.

Los Centros de Control de Motores se diseñarán de tal forma, que tanto la estructura de los mismos, como las barras principales y demás elementos instalados sean capaces de soportar sin deterioro los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de servicio continuo y las de cortocircuito. Asimismo soportarán los esfuerzos y solicitudes debidos al transporte y al montaje.

El mando de los contactores se realizará a 120 V.c.a. suministrada por un transformador de control por cada cubículo. En general, los circuitos de control de los cubículos permitirán la maniobra local y remota de los contactores, el bloqueo, la señalización de estados y la señalización de alarmas.

Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a las cabinas se realizarán por la parte inferior de éstas.

Los contactos principales y auxiliares de todas las partes móviles y extraíbles, así como las correspondientes partes fijas, estarán plateados. Los contactos principales de los dispositivos de corte también estarán plateados.

4.11 CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO

Los cuadros de fuerza y alumbrado serán de construcción metálica, compartimentada y autoestable. Para interior, el grado de protección será IP 3X, y para exterior, IP 55.



Los cuadros de fuerza y alumbrado se diseñarán de tal forma, que tanto la estructura de los mismos, barras principales y demás elementos instalados sean capaces de soportar sin deterioro los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de servicio continuo y las de cortocircuito. Asimismo soportarán los esfuerzos y solicitaciones debidos al transporte y al montaje.

Las salidas de los cuadros de fuerza y alumbrado estarán conformadas en general por interruptores automáticos de caja moldeada de ejecución fija.

Los cubículos serán accesibles desde el frente.

Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a las cabinas se realizarán por la parte inferior de éstas.

Desde estos cuadros se dará servicio, entre otros consumos, a cuadros de distribución de fuerza y alumbrado secundarios situados estratégicamente por la planta para alimentar cargas de fuerza y alumbrado.

4.12 SISTEMA DE CORRIENTE CONTINUA

El sistema de corriente continua se diseñará para dar una energía fiable e ininterrumpida, durante una determinada autonomía, a 125 V c.c., para alimentación de circuitos de control, instrumentación, etc.

4.12.1 BATERÍAS DE 125 V CC

Las baterías serán de plomo-ácido e irán alojadas sobre bancada. Se ubicarán en el edificio eléctrico, en una sala independiente.

La capacidad de las baterías se justificará por cálculo, considerando los coeficientes indicados en las recomendaciones IEEE Std 485.



La tensión mínima de descarga será superior al mínimo valor que requieran las cargas que operan en permanencia adecuadamente.

El número de elementos se calculará en función de las características de las baterías y teniendo en cuenta las necesidades de los consumidores.

4.12.2 CARGADOR – RECTIFICADOR Y BARRAS DE DISTRIBUCIÓN DE 125 V CC

Tanto el cargador como el cuadro de distribución de corriente continua, estarán integrados en un único conjunto aunque ocupando partes perfectamente diferenciadas. El conjunto estará diseñado para servicio interior y se parte de un grado de protección requerido para los armarios de IP3X.

El cargador estará constituido por rectificadores controlados, con tensión de salida constante e intensidad limitada, utilizando puentes de tiristores.

Dispondrán de tres niveles de tensión: Flotación de batería, carga de igualación y carga profunda.

La capacidad del cargador será la suficiente para suministrar la energía demandada por todas las cargas conectadas a la barra de distribución (consumo en permanencia) y a la vez estará proporcionando la corriente de carga requerida para mantener la batería asociada en óptimo estado de carga (carga de flotación). En caso de demandas puntuales de energía (picos de corriente) éstas serán suministradas por la batería.

Las alimentaciones a los distintos servicios se centralizarán desde las barras de distribución de corriente continua a través de interruptores automáticos bipolares con protección termomagnética. Los embarrados de distribución y resto de equipos se diseñarán para ser capaces de soportar sin deterioro los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de cortocircuito. Asimismo soportarán los esfuerzos y sollicitaciones debidos al transporte y al montaje.



El sistema de corriente continua estará aislado de tierra, y las faltas a tierra en distribución se detectarán y darán alarma.

Los armarios serán accesibles desde el frente. Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a los armarios se realizarán por la parte inferior de éstas.

4.13 SISTEMA DE CORRIENTE ALTERNA SEGURA

El sistema de corriente alterna segura se diseñará para dar una energía fiable e ininterrumpida, durante una determinada autonomía, a 230 V ca, para alimentación de circuitos de control, instrumentación, etc.

Los equipos de Tensión Segura y Distribución de Tensión Segura estarán integrados en un armario común, pero ocupando partes perfectamente diferenciadas. La disposición en el interior del armario permitirá acceder con facilidad a cada elemento.

El grado de protección requerido será IP 3X.

El sistema de corriente alterna segura está constituido, en líneas generales, por un inversor estático que se alimenta del sistema de corriente continua, por un transformador estabilizador que se conecta al sistema de 400 V ca de esenciales de planta, de un conmutador estático y de un cuadro de distribución de corriente alterna segura.

Las alimentaciones a los distintos servicios se centralizarán desde las barras de distribución de corriente alterna segura a través de interruptores automáticos bipolares con protección termomagnética. Los embarrados de distribución y resto de equipos se diseñarán para ser capaces de soportar sin deterioro los esfuerzos térmicos y dinámicos originados por las corrientes de cortocircuito. Asimismo soportarán los esfuerzos y sollicitaciones debidos al transporte y al montaje.



Los armarios serán accesibles desde el frente. Las entradas de los cables de campo (potencia, control e instrumentación) a los armarios se realizarán por la parte inferior de éstas.

4.14 CABLES

4.14.1 CABLES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

El dimensionamiento de los cables atenderá los siguientes criterios:

a) Por intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.

Se considerará la intensidad de la carga en régimen permanente. Se considerarán todos los factores de corrección que dependen de las condiciones de montaje del cable, sus valores estarán de acuerdo con las normas IEC.

b) Por caída de tensión.

Los cables se dimensionarán de forma que la caída de tensión máxima desde la fuente (secundario del transformador de distribución) hasta el receptor final no supere el 5% en condiciones de funcionamiento normales y el 20% en condiciones de funcionamiento transitorias (arranque de motores). Dentro de los márgenes establecidos se podrán considerar las siguientes caídas máximas para régimen permanente:

Acometidas	1 %
Alimentación a motores desde CCM	3 %
Feeders de CCM.....	3 %
Motores >75 kW	3 %
Alimentaciones Corriente Continua y UPS.....	3 %

c) Por cortocircuito.



Se considerará la máxima corriente de cortocircuito presente en el punto de la instalación donde se conecta el cable, el tipo de interruptor automático y/o elemento de protección (por ejemplo, interruptores limitadores, relés indirectos, etc.) y el tiempo de actuación de las protecciones.

Parte V PRESUPUESTO



Capítulo 1 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto estimado para este proyecto es de 86.250.000 euros (ochenta y dos millones cuatrocientos mil euros)

DIRECCIÓN DE PROYECTO	1.187.500
%	1,38%
Personal Dirección de Proyecto	875.000
Personal de Calidad, Planificación y Compras	312.500
INGENIERIA	1.327.500
%	1,54%
Ingeniería Obra civil	71.250
Ingeniería Mecánica	175.000
Ingeniería Eléctrica	281.250
Estudios	800.000
COBRA CIVIL	6.750.000
%	7,83%
Construcción	6.750.000
TANQUES	9.300.000
	10,78%
Tanques de Fuel Oil	6.000.000
Tanques de Agua	2.800.000
Tanque de Gasoil	500.000
TURBINAS DE GAS Y ALTERNADOR	28.975.000
	33,59%
Grupo Turbinas y Alternador	21.250.000
Auxiliares	725.000
Alimentación de combustible	5.500.000
Sistema contra incendios	1.500.000
AUXILIARES MECÁNICOS	15.075.000
	17,48%
Planta de tratamiento de Fuel	7.000.000
Planta de tratamiento de Agua	4.700.000
Sistema de agua	1.500.000
Otros	1.875.000



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

Presupuesto

SISTEMA ELÉCTRICO	13.260.000 15,37%
Alternador	5.000.000
Sistema de Cableado	2.000.000
Barras de MT	600.000
Transformadores Principales	4.200.000
Transformadores MT/6,6KV y 6,6/0,4 KV	500.000
Grupo de seguridad	360.000
Otros	600.000
SISTEMA DE CONTROL	2.000.000 2,32%
Sistema de Control	2.000.000
GMANTENIMIENTO Y FORMACIÓN	8.375.000 9,71%
Piezas de Recambio mecánicas, eléctricas y electrónicas	8.000.000
Formación de Personal	375.000
TOTAL	86.250.000



Capítulo 2 PRESUPUESTO PARA LA AMPLIACIÓN

El presupuesto estimado para la ampliación de la planta es de 49.899.831 euros (cuarenta y nueve millones ochocientos noventa y nueve mil ochocientos treinta y un euros). El presupuesto de esta parte del proyecto ha sido calculado a partir del programa Thermoflow, al que se le ha aplicado un factor de corrección.

	Euros
I Equipo Especializado	33.273.857
1. Paquete Turbina de Gas	0
2. Paquete Turbina de Vapor	14.930.999
3. Caldera Recuperación Calor	15.024.333
4. Condensador enfriado por agua	1.141.583
5. Condensador enfriado por aire	0
6. Enfriador aire entrada/sist. calefac.	0
7. Compresor gas combustible	1.069.600
8. Sistema Monitoreo Emisiones Continuo	413.758
9. Sistema Control Distribuido	693.583
10. Equipo transmisión Voltaje	0
11. Equipo Generador Voltaje	0
12. Definido por Usuario	0

	Euros
II Obra	
1. Civil	3.979.886
2. Mecánica	6.426.391
3. Montaje eléctrico & Cableado	418.248
4. Edificios & Estructuras	1.206.402
5. Ingeniería & puesta en marcha	4.595.047



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

Presupuesto
