

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN VIBRACIONES EN CCC SAGUNTO



Título del proyecto:

Programa de mantenimiento predictivo basado en vibraciones en CCC Sagunto

Autor: Jose Antonio Mulet Alberola

DNI: 44799574-J

Universidad Jaume I

Grado en Ingeniería Mecánica

Defensa: Septiembre 2015

Tutor: Octavio Bernad Ros

Gas Natural SDG, S.A.

Central de Ciclo Combinado Sagunto

Departamento de Mantenimiento

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA	1
1 OBJETO	7
2 ALCANCE	9
3 ANTECEDENTES	11
4 NORMAS Y REFERENCIAS	17
5 VIABILIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	25
6 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	29
7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	35
8 CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN	45
ANEXOS	59
ANEXO 01: INVENTARIADO DE EQUIPOS	63
ANEXO 02: CCC SAGUNTO DE GAS NATURAL FENOSA	69
PLANOS	89
PLIEGO DE CONDICIONES	105
1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	109
2 CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN	111
3 SEGURIDAD	113
PRESUPUESTO	115
1 CUESTIONES GENERALES	119
2 COMPONENTES	120
3 FORMACIÓN	120
4 IMPLANTACIÓN	120
5 RESUMEN	120

MEMORIA

Programa de mantenimiento predictivo basado en vibraciones

Gas Natural SDG, S.A.

Central de Ciclo Combinado Sagunto

Departamento de Mantenimiento

Jefe del departamento: Juan José Vicioso Vallejo

Universidad Jaume I de Castellón

Titulación: Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Jose Antonio Mulet Alberola

DNI: 44799574-J

Dirección: C/ Papa del Mar, 1. Canet d'en Berenguer (Valencia, España)

Teléfono: 660 02 80 16

Correo: al131991@uji.es

A Septiembre de 2015

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	OBJETO	7
2	ALCANCE	9
3	ANTECEDENTES	11
3.1	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	11
3.1.1	Funciones del mantenimiento	11
3.1.1.1	Funciones primarias del mantenimiento	11
3.1.1.2	Funciones secundarias del mantenimiento	12
3.1.2	Tipos de mantenimiento	12
3.1.2.1	Mantenimiento ante fallo.	12
3.1.2.2	Mantenimiento correctivo	12
3.1.2.3	Mantenimiento preventivo	13
3.1.2.4	Mantenimiento preventivo condicional (predictivo)	13
3.2	TEORÍA DE VIBRACIONES	14
3.2.1	Definición	14
3.2.2	Aplicación del análisis de vibraciones	15
4	NORMAS Y REFERENCIAS	17
4.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	17
4.1.1	Justificación de las normas aplicadas	17
4.1.2	ISO/TC 108 “Vibración mecánica, impactos y condiciones de monitorización”	18
4.1.3	Otras normas	20
4.2	BIBLIOGRAFÍA	20
4.3	PROGRAMAS DE CÁLCULO	21
4.3.1	Software	21
4.3.2	Modelos	21
4.3.2.1	Fallos en engranajes.	21
4.3.2.2	Fallos en rodamientos	22
5	VIABILIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	25
5.1	ASPECTOS GENERALES	25
5.2	VIABILIDAD TÉCNICA	25
5.3	VIABILIDAD ECONÓMICA	26
5.3.1	Costes parada de grupo	26
5.3.2	Costes iniciales de la instalación de sensores	26
5.3.3	Costes de explotación de los sensores	27
5.3.4	Resumen	27
6	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	29
6.1	Introducción	29
6.2	Desglose de nivel 0	30

6.3	Desglose de nivel 1	30
6.4	Desglose de nivel 2	33
7	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	35
7.1	REQUISITOS DE DISEÑO	35
7.1.1	Condiciones de medida	35
7.1.2	Criticidad y periodicidad	35
7.1.3	Límites de vibración	36
7.2	RESULTADO FINAL	36
7.2.1	Inventariado de equipos	36
7.2.2	Criticidad	36
7.2.3	Periodicidad	36
7.2.4	Límites de vibración	37
7.2.5	Establecimiento de puntos de control	39
7.2.6	Actuación ante fallo	41
7.3	PLANIFICACIÓN	41
7.3.1	Periodicidad de las mediciones	41
7.3.2	Rutas de medición	41
7.3.2.1	Ruta de nivel 1	42
7.3.2.2	Ruta de nivel 2	42
7.3.2.3	Ruta de nivel 3	43
8	CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN	45
8.1	REQUISITOS DE DISEÑO	45
8.1.1	Método de colocación	45
8.1.1	Posición y punto de colocación	46
8.2	RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN	46
8.2.1	Colocación de sensores	46
8.2.2	Frecuencias características	48
8.2.3	Frecuencias de fallo de componentes	48
8.2.3.1	Frecuencias de engrane	48
8.2.3.2	Frecuencias de rodamientos	49
8.2.3.2.1	Rodamiento SKF 31315	49
8.2.3.2.2	Rodamiento SKF 22316E-C3	49
8.2.3.2.3	Rodamiento SKF 32228 QQ	49
8.2.3.2.4	Rodamiento SKF NJ228 EC	50
8.2.4	Límites de vibración global	50
8.3	RESULTADOS DE MEDIDA Y ANÁLISIS DE LAS VIBRACIONES	51
8.3.1	Localización 1: motor lado libre	51
8.3.2	Localización 2: motor lado acoplamiento	52
8.3.3	Localización 3: reductora lado acoplamiento	52
8.3.4	Localización 4: reductora lado ventilador	54
8.4	PLANIFICACIÓN	56

1 OBJETO

El objeto del presente proyecto es la definición de un programa de mantenimiento predictivo basado en vibraciones en la Central de Ciclo Combinado Sagunto, propiedad de Gas Natural Fenosa, sita en la localidad del Puerto de Sagunto en Valencia. Con este tipo de mantenimiento se busca la reducción de los costes del mantenimiento, como se justifica en el apartado correspondiente; así como mejorar la fiabilidad de los grupos, al adelantarse al fallo de los equipos.

A su vez, y dentro del propio programa de mantenimiento, se definirán nuevos puntos de medida para las siete reductoras de los ventiladores de refrigeración, que posee la planta por grupo. La necesidad de que estos equipos formen parte del plan de mantenimiento surge con motivo de la aparición de fallos repentinos en las reductoras, que conllevan a la reparación urgente de dichos equipos. Dicha reparación, a su vez, por motivos de su dificultad de acceso, conlleva el alquiler de equipos que acarrearán un alto sobrecoste. Es por ello que si es conocido el momento de fallo, la planificación adelantada de su reparación facilitará y reducirá los costes de toda la operación.

2 ALCANCE

El proyecto tiene su aplicación en la Central de Ciclo Combinado Sagunto, propiedad de la empresa Gas Natural Fenosa. Dicha planta generadora está localizada en el término municipal de Sagunto, en la provincia de Valencia (España). Su localización en Sagunto es considerada un emplazamiento estratégico, ya que cuenta con buenas conexiones de transporte, se encuentra colindando con una estación regasificadora y un importante punto de consumo (polígono industrial Parc Sagunt).



La planta fue construida en el año 2007, con una inversión aproximada de 450 M€, y cuenta con una potencia total de generación de aproximadamente 1.200 MW. Para su funcionamiento, la planta es alimentada con gas natural procedente de la regasificadora SAGGAS, ubicada a dos kilómetros de la planta de generación. La electricidad producida es volcada a la red eléctrica a través de la Subestación Morvedre, en las proximidades de la central. Gracias a su proximidad con el mar, la central es refrigerada por agua procedente del Mediterraneo a través de un conducto propio.



Cada una de las tres islas de potencia consta de los siguientes elementos:

- Turbina de gas, marca Siemens modelo SGT5-4000F (potencia aproximada de 274 MW).
- Una caldera de recuperación de calor.
- Una turbina de vapor, marca Siemens serie HEE modelo H30-25-25.
- Generador, marca Siemens modelo SGen5-2000H (potencia aproximada de 400 MW).

Para un correcto funcionamiento de los elementos que forman la isla de potencia, la planta posee ciertos sistemas auxiliares tanto para los propios grupos, como para la planta; los cuales serán objeto de estudio en este proyecto. La descripción y el funcionamiento de cada uno de estos sistemas son descritos en el *anexo* correspondiente, para un mejor entendimiento del funcionamiento de la planta, y de cada uno de los sistemas dentro de la misma.

3 ANTECEDENTES

3.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El concepto de mantenimiento se está íntimamente relacionado con el objetivo de toda industria y su modo de funcionamiento, el cual a su vez depende de la situación del mercado en que se encuentra. Es por tanto que el mantenimiento se entiende como una función empresarial decisiva a la hora de lograr los objetivos estratégicos de una empresa.

El mantenimiento engloba todas aquellas acciones realizadas por una empresa, que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo su función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

La función del mantenimiento constituye una de los pilares fundamentales que condiciona la eficiencia de cualquier industria moderna, de tal forma que cualquier intento de producción sin mantenimiento resulta caótico.

El mantenimiento industrial puede ser aplicado de distinta forma, dependiendo de su grado de involucración en el proceso industrial. Así pues, se puede distinguir la aplicación de mantenimiento de forma intensiva, moderada, modesta o nada en absoluto.

3.1.1 Funciones del mantenimiento

El mantenimiento industrial está definido por las funciones que le son atribuidas. Atendiendo a la dedicación por parte del grupo de mantenimiento, se pueden distinguir dos grandes grupos de sus funciones.

3.1.1.1 Funciones primarias del mantenimiento

Son aquellas funciones que deben ser realizadas diariamente, dedicando la mayor parte de su tiempo. Estas funciones son:

- Mantenimiento de los equipos industriales. Consiste en la realización de las reparaciones necesarias sobre los equipos de producción, de forma rápida y económica.
- Inspección y lubricación de equipos. Consiste en exámenes regulares de las máquinas con el fin de detectar y subsanar posibles causas de fallo antes de que ocurra.
- Mantenimiento de edificios y terrenos.
- Gestión de la información relativa al mantenimiento. Mediante la explotación de la información almacenada históricamente de los sistemas o equipos, se pueden conseguir mejores resultados del mantenimiento; es por tanto función del departamento de mantenimiento su administración y gestión.
- Modificación de las instalaciones y realización de instalaciones nuevas.

3.1.1.2 *Funciones secundarias del mantenimiento*

Son todas aquellas funciones que se le atribuyen al departamento de mantenimiento por conveniencia o por requerimiento de conocimientos técnicos.

- Gestión de almacenes de mantenimiento.
- Seguridad de las plantas.
- Eliminación de residuos.

3.1.2 Tipos de mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento con diferencias en cuanto a objetos, planificación, recursos necesarios, etc. Normalmente, en las plantas industriales actuales, se realiza un mantenimiento planificado que combina los diferentes tipos de mantenimiento con el objeto de optimizar los costes globales y la disponibilidad de los equipos.

Los tipos básicos de mantenimiento se definen a continuación.

3.1.2.1 *Mantenimiento ante fallo.*

También llamado mantenimiento frente rotura, tiene lugar tras el fallo. Su objetivo principal es la rápida devolución de la máquina a las condiciones de servicio. La ventaja fundamental es, por tanto, la rapidez de la puesta de funcionamiento del equipo averiado y el agotamiento de la vida útil de las piezas, puesto que son usadas hasta su rotura.

Por otro lado, este mantenimiento no busca la causa de origen de la avería, por lo que la causa que averió el componente, podría persistir y volver a causar la avería. El trabajo de actuación no puede ser planificado, dado que no se prevé cuando se producirá el fallo y obliga a tener los repuestos disponibles en el almacén, lo que implica altos costes de material inmovilizados en el almacén. Es posible que, si la reparación no es rápida, puedan darse pérdidas económicas importantes al producirse una parada de producción larga. Del mismo modo, la avería imprevista puede causar averías graves a la máquina o pueden dar lugar a siniestros con consecuencias graves para el personal o el resto de instalaciones.

3.1.2.2 *Mantenimiento correctivo*

Al igual que el mantenimiento anterior, se trata de un conjunto de acciones llevadas a cabo para reparar una máquina o equipo después del fallo, es decir, tras la avería. Sin embargo, en este mantenimiento se busca, diagnostica y corrige la causa real que provocó el fallo. De esta forma se previene la reaparición de fallo.

Este tipo de mantenimiento suele llevarse a cabo en máquinas con bajo coste y cuyos repuestos también lo son, cuyas interrupciones no suponen un alto coste o no suponen una parada de la producción.

3.1.2.3 *Mantenimiento preventivo*

Conjunto de acciones llevadas a cabo sobre los equipos según intervalos de tiempo o determinados criterios, con el objeto de reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento del equipo o instalación. Se trata, por tanto, de prevenir el fallo antes de su aparición. Las sustituciones se llevan a cabo de forma que no se estudia su estado real. Su éxito radica en una correcta elección de los intervalos de sustitución de piezas.

La planificación se efectúa de forma sencilla, reduciendo el número de paradas imprevistas o no programadas de la producción. Reduce la necesidad del almacenamiento de repuestos, ajustando la disponibilidad a la planificación o actuación sobre las máquinas.

Sin embargo, resulta antieconómico si los periodos de sustitución de las piezas no están bien definidos o no se agota la vida útil de los componentes. La operación sobre la máquina por parte de un operario, puede ocasionar nuevos fallos en la misma, debido a errores de ejecución de los trabajos.

Uno de los aspectos importantes a tener muy en cuenta de este tipo de mantenimiento, radica en que no se reduce la probabilidad de fallo de la máquina o del componente, si la sustitución se realiza dentro de la vida útil de la pieza, es decir, dentro de la zona plana de la curva de bañera de la vida útil del componente.

3.1.2.4 *Mantenimiento preventivo condicional (predictivo)*

Su uso se fundamenta en el conocimiento del estado de la máquina por medición periódica o continua de algunos parámetros significativos del funcionamiento. La intervención se condiciona, por tanto, por la detección precoz de los síntomas de un posible fallo o avería, mediante una serie de técnicas más o menos complejas.

Este mantenimiento está especialmente indicado para aquellas máquinas en las que un fallo produce un elevado riesgo para la seguridad o tiene un coste elevado para la producción.

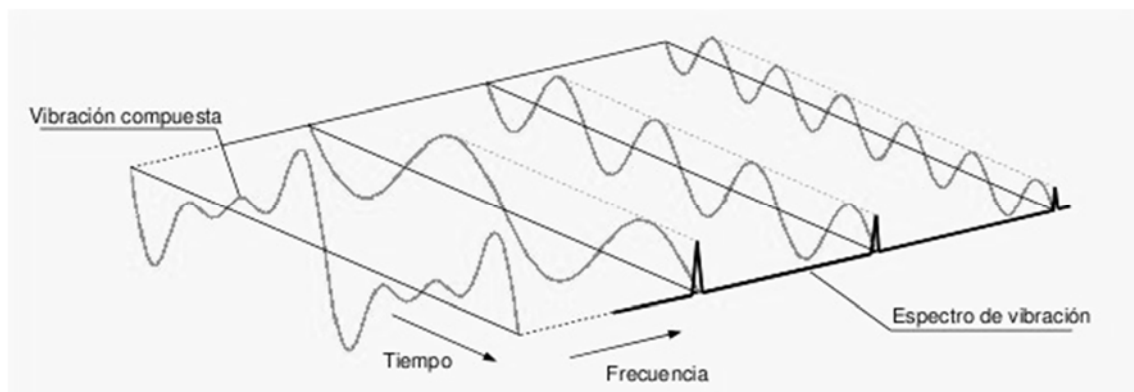
En este caso, los periodos de vida útil de las piezas o componentes pueden agotarse al máximo, reduciéndose la necesidad de almacenaje de piezas de forma continuada y obteniéndolas sólo cuando se requieran. La inspección con técnicas adecuadas puede permitir la detección del origen de los problemas en las máquinas, actuando rápidamente sobre el foco de origen del fallo.

Por contraste, requiere de mayor formación del personal sobre las técnicas utilizadas para la medición, así como una inversión inicial en equipos de medida y de registro de parámetros. También resulta costosa la elaboración de una base datos que refleje toda la información obtenida de las medidas, así como su interpretación errónea, que puede causar dudas de cuando efectuar la reparación o sustitución del componente.

- Aceleración, proporciona la medida del cambio de la velocidad con respecto al tiempo.
- Periodo, es el tiempo que tarda la masa en realizar un ciclo completo.
- Frecuencia, es el número de ciclos que ocurren en una unidad de tiempo.

Debido a que las máquinas están formadas por múltiples piezas que trabajan en conjunto, las vibraciones presentes en éstas, son la suma de todas las señales de vibración provenientes de cada una de sus partes, es decir, desde el origen de vibración.

En la mayoría de los casos, las ondas temporales no suelen aportar información de utilidad al técnico de mantenimiento sobre el componente que está vibrando y, por tanto, fallando, dada su complejidad. Es por ello que las ondas temporales periódicas son descompuestas en la suma de infinitas ondas simples, de forma sinusoidal. Esta descomposición se realiza mediante la Transformada Rápida de Fourier (FFT), que transforma la señal temporal al dominio de la frecuencia.



3.2.2 Aplicación del análisis de vibraciones

Todas las máquinas generan vibraciones como parte normal de su actividad. Sin embargo, cuando falla alguno de sus componentes, las características de estas vibraciones cambian, permitiendo identificar el lugar y el tipo de fallo que se está presentando, mediante un estudio previo de la onda temporal o del espectro en frecuencia, en mayor medida.

El análisis de vibraciones está basado en la interpretación de las señales de vibración tomando como referencia los niveles de tolerancia indicados por el fabricante o por las normas técnicas que son descritas más adelante.

La detección y monitorización de la vibración se utilizará fundamentalmente para:

- Proteger la máquina.
- Prever averías graves en máquinas e instalaciones vitales para el proceso de producción y las personas.
- Toma permanente de datos sobre las instalaciones que se pretendan controlar e investigación constante del proceso, conocimiento profundo de los sistemas y propuestas de mejora a fabricantes.

Algunos de los fallos que se pueden detectar mediante un análisis de vibración, son:

- Desequilibrio de masas.
- Desalineación de ejes.
- Defectos de rodamientos.
- Desajuste mecánico entre piezas.
- Defecto en transmisiones por correa.
- Defectos en engranajes.
- Problemas eléctricos.

La detección de los fallos anteriormente citados, pueden ser observados a frecuencias concretas para cada uno de ellos, dependiendo de las características de funcionamiento de la máquina. Más adelante se presentarán las frecuencias de fallo de rodamientos y de engranajes de una

4 NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

4.1.1 Justificación de las normas aplicadas

Durante el análisis de vibraciones, se pueden utilizar varias fuentes de información para una correcta aplicabilidad. Es posible distinguir entre varios niveles de las normas utilizadas, los cuales se enumeran a continuación:

- **Normalización Internacional.** Suele considerarse de máxima prioridad. En la práctica de la valoración de la medida de las vibraciones y como regla general, el punto de referencia es la Organización Internacional de Normalización (ISO). Por ejemplo, la norma de referencia habitual en la medida de vibraciones es la ISO 10816. El inconveniente de estas normas reside en su carácter general, cuya aplicabilidad resultará de referencia en cuanto a la severidad de las vibraciones.
- **Normalización nacional.** Suelen tratarse de adaptaciones traducidas de las normativas internacionales.
- **Recomendaciones y guías de los fabricantes.** Algunos fabricantes facilitan cierta información sobre la medida de las vibraciones y su severidad. Sin embargo, dicha práctica no suele ser común para la mayoría de los equipos.
- **Normalización interna.** Se tratan de reglas o estándares propios, creados por la experiencia de los técnicos con cada uno de los equipos, es decir, no poseen carácter genérico, sino que reflejan el comportamiento real de cada uno de los equipos concretos. Es ahí donde reside la ventaja de este tipo de normalización aunque, por el contrario, se necesita de la especialización de los trabajadores para un correcto entendimiento, así como de tiempo de ejecución para obtener dicha experiencia.

Debido a estas distinciones, como comienzo en el programa de mantenimiento predictivo, se hará referencia a las normas internacionales; las cuales, tras un tiempo podrán ser editadas o rectificadas en base a las experiencias en los equipos.

4.1.2 ISO/TC 108 “Vibración mecánica, impactos y condiciones de monitorización”

Se trata de un comité técnico el cual dicta todos los estándares a tener en cuenta. Consta de cinco subcomités:

- SC 2: “Medidas y evaluación de vibraciones mecánicas aplicados a maquinas, vehículos y estructuras”.
- SC 3: “Uso y calibración de vibraciones”.
- SC 4: “Exposición humana a vibraciones mecánicas”.
- SC 5: “Condiciones de monitorización y diagnosis de máquinas”.
- SC 6: “Sistemas de generación de vibraciones”.

Del trabajo del segundo subcomité nacen las normativas ISO de mayor aplicación en proyectos industriales:

- ISO 7919: “Evaluación de la vibración en máquinas mediante mediciones en partes rotativas”.
- ISO 10816: “Evaluación de la vibración en máquinas mediante mediciones en partes no rotativas”.

La primera parte de cada una de estas normas consta de una descripción general de los principios que son aplicables para la medición de la vibración. Las partes restantes describen aplicaciones concretas.

ISO 7919

- ISO 7919-1
Guía general
- ISO 7919-2
Turbinas de vapor y generadores
- ISO 7919-3
Máquinas industriales
- ISO 7919-4
Turbinas de gas
- ISO 7919-5
Máquinas de generación hidráulicas y bombeo

ISO 10816

- ISO 10816-1
Guía general
- ISO 10816-2
Turbinas de vapor y generadores
- ISO 10816-3
Máquinas industriales
- ISO 10816-4
Turbinas de gas
- ISO 10816-5
Máquinas de generación hidráulicas y bombeo
- ISO 10816-6
Máquinas recíprocas
- ISO 10816-7
Bombas rotodinámicas
- ISO 10816-8
Compresores recíprocos

Ambos estándares definen la mejor forma de realizar las mediciones, concretando la posición y dirección de medida sobre la máquina, así como recomendaciones para una correcta medición y valores límite en forma de límites de zonas de trabajo que definen el funcionamiento satisfactorio de una máquina.

Para clasificar la vibración a velocidades normales de funcionamiento de las máquinas, se definen cuatro zonas de trabajo:

- Zona A: En esta zona se sitúan las vibraciones de las máquinas nuevas.
- Zona B: Máquinas con vibraciones en esta zona son consideradas aceptadas para operar sin restricciones a largo plazo.
- Zona C: Máquinas con vibraciones incluidas en esta zona se consideran no aceptadas para operar a largo plazo. Normalmente la máquina podrá operar durante un periodo limitado de tiempo, hasta encontrar el momento en que pueda ser subsanada la causa de la vibración.
- Zona D: Valores de vibración en esta zona se consideran dañinos para la máquina, pudiendo llegar a causar rotura de algún componente.

Existen dos criterios para la evaluación la vibración de las máquinas: el primero consiste en la magnitud de la vibración, el segundo consiste en los cambios de dicha magnitud. Sin embargo, cabe mencionar que no sólo estos dos criterios forman las bases para evaluar la severidad de la vibración. Para estados de operación a largo plazo y monitorizaciones en continuo (*on-line*), es práctica común el establecimiento límites de vibración en forma de alarmas o rangos de niveles de vibración.

Estos estándares también presentan guías para la evaluación de la vibración bajo estados transitorios.

4.1.3 Otras normas

Para la redacción del proyecto, se ha seguido lo establecido las normas UNE. Más concretamente lo establecido en la norma *UNE 157001: "Criterios generales para la elaboración de proyectos"*.

4.2 BIBLIOGRAFÍA

- *"Mantenimiento mecánico de máquinas"*
Publicaciones de la Universidad Jaume I (2007).
Autores: Francisco T. Sánchez Marín, Antonio Pérez González, Joaquín L. Sancho Bru, Pablo J. Rodríguez Cervantes.
- *"Curso de mantenimiento basado en vibraciones"*
Apuntes del curso impartido por la empresa Predictivo y Control, S.A. (Predycsa) para Gas Natural Fenosa en 2009.
- *"Installing and using the software DCX"*
Manual de empleo del analizador DLI Watchman™ DCX
Empresa Azima DLI.
- Información proporcionada por la plantilla de CCC Sagunto (propiedad de Gas Natural Fenosa) en forma de Instrucciones y Especificaciones Técnicas.
Departamento de Mantenimiento y Departamento de Control.

4.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO

4.3.1 Software

Para la realización del proyecto, se utilizaron los siguientes programas de cálculo:

- *Microsoft Excel*. Software incluido en el paquete de ofimática de Windows. Con la ayuda de este programa, se han confeccionado las tablas de inventariado de equipos, así como otras tablas expuestas en este proyecto. También ha sido de ayuda a la hora de la realización de cálculos sencillos correspondientes con las frecuencias de fallo.
- *SKF bearing calculator*. Mediante esta herramienta, disponible de forma gratuita en la página web de la marca de rodamientos *SKF*, se obtuvieron las frecuencias de fallo de los rodamientos de esta marca, previamente inventariados para los equipos.

4.3.2 Modelos

Para el cálculo de las frecuencias de fallo de engranajes se han utilizado los modelos matemáticos que se enumeran en los siguientes apartados.

4.3.2.1 Fallos en engranajes.

- Frecuencia de giro del piñón:

$$n_{\text{piñón}}(\text{Hz}) = \frac{n_{\text{piñón}}(\text{rpm})}{60}$$

- Frecuencia de giro de la corona:

$$n_{\text{corona}}(\text{Hz}) = \frac{n_{\text{corona}}(\text{rpm})}{60}$$

- Frecuencia de engrane (*Gear Mesh Frequency, GMF*):

$$GMF(\text{Hz}) = Z_1 \cdot n_1(\text{Hz}) = Z_2 \cdot n_2(\text{Hz})$$

- Frecuencia de repetición de diente (*FRD*):

$$FRD(\text{Hz}) = \frac{GMF(\text{Hz})}{\text{mcm}(Z_1, Z_2)} = GMF(\text{Hz}) \frac{N_E}{Z_1 * Z_2}$$

siendo:

$n = \text{velocidad de rotación}$

$Z = \text{número de dientes}$

$N_E = \text{número de fases de ensamblaje}^1$

4.3.2.2 Fallos en rodamientos

Las frecuencias características de un rodamiento son:

- FTF (Fundamental Train Frequency):

$$FTF(Hz) = \frac{n(rpm)}{2} \left(1 - \frac{d}{D_m} \cos(\alpha) \right)$$

- BPFO (Ball Passing Frequency Outer race):

$$BPFO(Hz) = \frac{n(rpm)}{2} N_b \left(1 - \frac{d}{D_m} \cos(\alpha) \right)$$

- BPFI (Ball Passing Frequency Inner race):

$$BPFI(Hz) = \frac{n(rpm)}{2} N_b \left(1 + \frac{d}{D_m} \cos(\alpha) \right)$$

- BSF (Ball Spin Frequency):

$$BSF(Hz) = \frac{n(rpm)}{2} \cdot \frac{D_m}{d} \left[1 - \left(\frac{d}{D_m} \cos(\alpha) \right)^2 \right]$$

siendo:

$n = \text{velocidad de rotación}$

$d = \text{diámetro de los elementos rodantes}$

¹ El número de fases de ensamblaje representa las formas que tiene de engranar el piñón y la corona.

$D_m =$ *diámetro medio del rodamiento*

$N_b =$ *número de elementos rodantes*

$\alpha =$ *ángulo de contacto*

Sin embargo, es posible simplificar las fórmulas para facilitar los cálculos. Las fórmulas simplificadas se enumeran a continuación.

$$FTF(Hz) \approx 0,4 \cdot n(Hz)$$

$$BPFO(Hz) \approx 0,4 \cdot N_b \cdot n(Hz)$$

$$BPFI(Hz) \approx 0,6 \cdot N_b \cdot n(Hz)$$

5 VIABILIDAD DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

5.1 ASPECTOS GENERALES

Aprovechando que se instalarán nuevos puntos de medida de vibraciones en las máquinas reductoras de las torres de refrigeración, el estudio de viabilidad se realizará para estas máquinas y así justificar la necesidad de introducir estas máquinas al plan de mantenimiento, y el propio plan en sí mismo.

5.2 VIABILIDAD TÉCNICA

Como se describe en el *anexo 02*, las torres de refrigeración son las encargadas de disipar el calor del vapor, a la salida de la turbina LP de la turbina de vapor, en el condensador. Una menor disipación de calor por parte del condensador conlleva a un cúmulo de vapor en el interior de éste, con el consiguiente aumento de presión.

Para un mejor rendimiento del ciclo de vapor, el condensador funciona a menor presión de la atmosférica. Un valor de presión normal de funcionamiento del condensador está en torno a los 57 mbar.

En el interior del condensador se disponen de tres sensores de presión, los cuales monitorizan en continuo el valor de la presión y la mandan a sala de control. Mediante la programación lógica, se disponen de dos alarmas para la presión máxima admisible:

- 120 mbar: superado este valor, se procede al encendido de la segunda unidad de vacío del condensador.
- 600 mbar: alcanzada dicha presión, se abren circuitos de by-pass de la turbina de vapor.

Abriendo los circuitos de by-pass, la turbina de vapor deja de recibir vapor y, por ende, de trabajar. Sin embargo, introducir vapor caliente en el condensador conlleva a un aumento de la presión, que sería contraproducente para el estado de falta de refrigeración. Es por ello que una vez que es detectada la apertura de los circuitos de by-pass de la turbina de vapor y la comprobación de que la caldera de recuperación se encuentra en operación, dispararía la turbina de gas, con la consiguiente parada del grupo de generación.

La relación existente entre el número de ventiladores activos y la presión en el condensador son dependientes de la temperatura y presión atmosférica, aunque también de la carga de las bombas de circulación de refrigeración. Sin embargo, se concluye que con una falta de disponibilidad en tres ventiladores de las torres de refrigeración causaría una parada del grupo de generación.

El cambio o la puesta en servicio de una reductora del ventilador de la torre de refrigeración conlleva, aproximadamente, 16 horas de mano de obra, más todas las horas de gestión de la reparación y contratación, o alquiler de material y personal. Lo cual puede acarrear una demora de entre dos y tres días.

5.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Como se ha expuesto anteriormente, la parada de los ventiladores de refrigeración puede conllevar el disparo del grupo. Esta parada puede ocasionarse de forma inesperada. Es por ello que, para la justificación económica, se comparen los costes de la energía que se dejaría de producir durante dicha parada, con los costes que conllevan la instalación de los sensores de vibración y la toma de medidas para su análisis o estudio de comportamiento.

5.3.1 Costes parada de grupo

Los costes de la producción en ciclos combinados² son:

$$\text{Ingresos prod.} - \text{Gastos prod.} = 79,52 \text{ €/MWh} - 68,93 \text{ €/MWh} = 10,59 \text{ €/MWh}$$

Sabiendo que la generación de electricidad por grupo es de, aproximadamente, 400 MW en el punto de funcionamiento; y que la avería causaría una parada de 48 horas para la reparación de una sola reductora, suficiente para la puesta en funcionamiento del grupo; los costes serían:

$$\text{Energía no generada} = 400 \text{ MW} \cdot 48 \text{ horas} = 19.200 \text{ MWh}$$

Por tanto:

$$\text{Ingresos no ganados} = \text{Energía no generada} \cdot \text{Precio de energía}$$

$$\text{Ingresos no ganados} = 19.200 \text{ MWh} \cdot 10,59 \text{ €/MWh} = 203.328 \text{ €}$$

5.3.2 Costes iniciales de la instalación de sensores

La instalación de los sensores de medición de las vibraciones en los ventiladores ayudaría a una detección del fallo. Con lo que la avería podría ser observada durante su progreso para una intervención anterior al fallo del conjunto. Esta instalación conlleva tanto el material³ como la mano de obra⁴ realizada.

$$\text{Precio Mano de obra} = \text{Ventiladores} \cdot \text{Tiempo} \cdot \text{Precio mano de obra}$$

² Fuente: Informe de la Comisión Nacional de Energía: Precios y costes de la producción de electricidad (Julio de 2008)

³ Precio de oferta de material realizada a Gas Natural Fenosa Sagunto.

⁴ Precio de mano de obra de operación de Gas Natural Fenosa Sagunto.

$$\text{Precio Mano de obra} = 7 \frac{\text{ventiladores}}{\text{grupo}} \cdot 3 \frac{\text{horas}}{\text{ventilador}} \cdot 24,58 \frac{\text{€}}{\text{hora}}$$

$$\text{Precio Mano de obra} = 516,18 \text{ €/grupo}$$

$$\text{Material} = \text{Ventiladores} \cdot \text{Precio sensores}$$

$$\text{Material} = 7 \text{ ventiladores} \cdot 700 \frac{\text{€}}{\text{ventilador}} = 4.900 \text{ €/grupo}$$

$$\text{Total instalación} = 4.900 \text{ €/grupo} + 516,18 \text{ €/grupo} = 5.416,18 \text{ €/grupo}$$

5.3.3 Costes de explotación de los sensores

Los costes de explotación de los sensores conllevan las horas de mano de obra por parte de los operarios para la toma de medidas de vibraciones, una vez instalados los sensores de forma permanente en las reductoras de las torres de refrigeración.

$$\text{Precio Mano de obra} = \text{Ventiladores} \cdot \text{Tiempo} \cdot \text{Precio mano de obra}$$

$$\text{Precio Mano de obra} = 7 \frac{\text{ventiladores}}{\text{grupo}} \cdot 0,5 \frac{\text{horas}}{\text{ventilador}} \cdot 24,58 \frac{\text{€}}{\text{hora}} = 86,03 \text{ €/grupo}$$

5.3.4 Resumen

Para una mejor interpretación, se adjunta una tabla donde se resumen los gastos ocasionados tanto por la avería inesperada de los ventiladores, como por la instalación de los sensores.

Viabilidad económica	
Coste de parada	203.328 €
Coste de instalación	5.416,18 €
Coste de explotación	86,03 €

6 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

6.1 Introducción

En todas las centrales de producción de electricidad existe un código de identificación que, inequívocamente, se le es asignado a un equipo, sistema, subsistema o área de la planta. De esta forma es posible citar cualquier zona o elemento de la planta con un solo código. El código utilizado en las centrales de producción eléctrica se le conoce como código KKS (de sus siglas del alemán).

Dependiendo de los distintos requisitos necesarios para la identificación de las plantas, los sistemas y los equipos de las centrales eléctricas, el KKS cuenta con tres tipos de códigos a usar:

- Códigos de designación del proceso (muestra de datos, etc).
- Códigos de designación de puntos de instalación (bombas, válvulas, sensores, tramo de tubería, etc).
- Códigos de designación de una localización (área, sala, edificio, etc).

A su vez, la codificación KKS sigue un orden jerárquico dividido en distintos niveles, que son:

- Nivel 0: Totalidad de la central.
- Nivel 1: Código de sistemas, equipos o estructuras.
- Nivel 2: Código de equipo, lugar de instalación o sala.
- Nivel 3: Código de componente.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, la estructura del código seguirá la siguiente forma:

Estructura KKS				
Nivel	0	1	2	3
	Central	Función	Equipo	Elemento
Caracteres⁵	N	N A A A N N	A A N N N	N N N

Normalmente, el nivel 3 de la jerarquía no suele ser usado para nombrar equipos. Si es muy utilizado para nombrar pantallas de programación lógica.

⁵ Tipos de caracteres: A: Letra o símbolo especial, N: Dígito

6.2 Desglose de nivel 0

Este nivel hace referencia a la central, ya que en una planta puede ser necesaria la distinción entre centrales (o grupos) de generación de electricidad.

En la planta a estudio, se tienen tres equipos de generación. Por tanto, será necesario distinguir los equipos o sistemas entre la central 1, la central 2 y la central 3.

6.3 Desglose de nivel 1

El primer dígito se utiliza para la numeración de los sistemas similares o plantas dentro de la central.

Primer dígito	
0	Turbinas de generación
1	Unidad 1
2	Unidad 2

Así, todo lo referido con los grupos de generación quedarán asignados con cero (0), mientras que los subsistemas externos a la isla de potencia se asignarán con uno (1).

Los siguientes tres caracteres se utilizan para clasificar y dividir los sistemas, subsistemas y edificios de la propia central.

A continuación se citan los primeros caracteres del nivel 1, que indica el grupo funcional:

Grupos funcionales	
A	Sistemas de red eléctrica exterior y sistemas de distribución
B	Transmisión de potencia y alimentación eléctrica auxiliar
C	Equipo de instrumentación y control
D	Equipo de instrumentación y control (se usa solamente cuando los códigos del grupo C no son suficientes)
E	Suministro de combustible y tratamiento de residuos
G	Suministro y tratamiento de agua y vertidos
H	Generación de calor convencional
L	Equipos y sistemas del ciclo (vapor, agua y gas)
M	Sistemas para Generación y Transmisión de Energía Eléctrica
N	Suministro de energía de proceso para usuarios externos (p.ej. calefacción,..)
P	Sistemas y equipos de agua de refrigeración

Q	Sistemas y equipos auxiliares
R	Sistemas y equipos de generación y tratamiento de gas
S	Sistemas y equipos de servicios
U	Estructuras y edificios
X	Maquinaria pesada (aparte de los conjuntos de maquinaria principal)
Z	Equipo de talleres y oficinas

A continuación se enumeran los códigos de los sistemas elementales más usados en este proyecto.

Código de sistemas elementales	
EK_	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE GASEOSO
EKT	Sistema precalentador gas
GA_	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA BRUTA
GAF	Sistema de bombeo
GB_	SISTEMA DE TRATAMIENTO (AGUA DESCARBONATADA)
GC_	SISTEMA DE TRATAMIENTO (DEMINERALIZACIÓN)
G_F	Desionización, osmosis inversa
G_K	Sistema de tuberías y almacenaje temporal
G_R	Sistema de eliminación de aguas residuales, incluyendo neutralización
GH_	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
GHB	Sistema de distribución (agua descarbonatada)
GHC	Sistema de distribución (agua demineralizada)
GM_	SISTEMA DE DRENAJE DEL PROCESO
HA_	SISTEMA DE PRESIÓN, ALIMENTACIÓN DE AGUA Y SECCIONES DE VAPOR
LA_	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA
LAB	Sistema de tuberías de alimentación
LAC	Sistema de bombeo de alimentación
LB_	SISTEMA DE VAPOR
LBA	Sistema de tuberías principales
LBC	Sistema de tuberías de vapor recalentado frio
LBG	Sistema auxiliar de vapor
LC	SISTEMA DE CONDENSADO
LCA	Sistema de tuberías de condensado principal
LCB	Sistema de bombeo condensado principal
LCL	Sistema drenajes generador
LCM	Sistema drenajes limpios
MA_	PLANTA DE TURBINA DE VAPOR
MAA	Turbina de alta presión
MAB	Turbina de media presión
MAC	Turbina de baja presión
MAD	Cojinetes
MAJ	Sistema de vacío
MAV	Sistema de alimentación de lubricante
MAX	Sistema hidráulico de control (TV)

MB_		PLANTA DE TURBINA DE GAS
	MBA	Turbina, rotor del compresor
	MBB	Carcasa de turbina y rotor
	MBD	Cojinetes
	MBS	Sistema de almacenamiento
	MBV	Sistema alimentación lubricante
	MBX	Sistema hidráulico de control (TG)
MK_		PLANTA DEL GENERADOR
	MKA	Generador completo
	MKD	Cojinetes
	MKW	Sistema de alimentación fluido de sellado
PA_		SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA (REFRIGERACIÓN PRINCIPAL)
	PAB	Sistema de tuberías de circulación
	PAC	Sistema de bombeo circulación
	PAD	Sistema de refrigeración condensador, sistema de refrigeración exterior
	PAH	Sistema limpieza condensador
	PAR	Sistema de tuberías de tratamiento de agua a ciclo
	PAS	Sistema de bombeo de tratamiento de agua a ciclo
PC_		SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS
	PCB	Sistema de tuberías y conductos
PG_		SISTEMA CERRADO DE REFRIGERACIÓN
	PGB	Sistema de tuberías (retorno)
PU_		EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
QC_		SISEMAS AUXILIARES
	QCA	Alimentación de hidracina
	QCC	Alimentación de fosfato trisódico
	QCD	Alimentación de amoníaco
QL_		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN, VAPOR, GENERACIÓN DE VAPOR DE CONDENSADO DE CICLO
	QLA	Sistema de alimentación
SG_		SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS ESTÁTICOS
	SGA	Sistema contra incendios de agua
UH_		ESTRUCTURAS PARA EL GENERADOR DE RECUPERACIÓN DE CALOR (HRSG)
UL_		ESTRUCTURAS DE VAPOR, AGUA Y CICLO DE GAS
UM_		ESTRUCTURA PARA MÁQUINAS PRINCIPALES

En este nivel también se utilizan dos caracteres numéricos para subdividir el sistema, normalmente en el orden del flujo.

6.4 Desglose de nivel 2

Este nivel de codificación se usa para la distinción entre tipos de equipos, ya sean equipos mecánicos (bombas, valvulería...) o equipos de medición y control. Los principales grupos de equipos se enumeran en la siguiente tabla.

Grupos de equipos	
A	Equipo mecánico (con partes móviles)
B	Equipo mecánico (sin partes móviles)
C	Circuitos de medida directa
D	Lazos cerrados de control
E	Acondicionamiento de señales binarias y analógicas
F	Circuitos de medida indirecta
G	Equipo eléctrico

Los códigos de equipos más utilizados en el proyecto se citan a continuación.

Código de equipo	
AP	Unidades bomba
AA	Válvulas
AN	Compresores, ventiladores
AM	Mezcladores agitadores
AH	Calentamiento, refrigeración y aire acondicionado
AC	Evaporador, condensador, etc.

7 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

7.1 REQUISITOS DE DISEÑO

Dada la naturaleza compleja de una planta industrial, deben establecerse unos criterios mínimos para una correcta aplicación del programa de mantenimiento de forma que se cumplan dichos criterios de calidad.

Estos criterios engloban temas de las condiciones de medida, establecimiento de equipos críticos y periodicidades. A su vez, dependiendo de las características de los equipos, se programarán límites de vibración o alarmas que indican el funcionamiento defectuoso de los equipos medidos.

7.1.1 Condiciones de medida

Las mediciones de la vibración *off-line* deben ser realizadas con la máquina bajo funcionamiento normal, sobre los puntos marcados con anterioridad para conseguir una alta repetitividad de las mediciones. La máquina no deberá encontrarse en estado transitorio durante la medición; es decir, siempre se evitarán los momentos de arranque y parada de los equipos.

La medición se realizará con el equipo portátil disponible en planta. En él, se encuentran almacenados y numerados los puntos de medición, ordenados por su localización en planta para un fácil entendimiento. El equipo de medición también es usado para almacenar los históricos de mediciones anteriores, de forma que pueda analizarse rápidamente la evolución de las vibraciones contrastando mediciones.

Todas las medidas se ajustan a las recomendaciones de la *normativa ISO 10816: "Evaluación de la vibración en equipos, mediante medidas en partes no giratorias"*, tanto en lo indicado a puntos de medición, como a valores de vibración máximos recomendados.

7.1.2 Criticidad y periodicidad

Se evaluarán y ordenarán los equipos disponibles en planta para una clasificación de acuerdo con la importancia que conlleva la medida de las vibraciones para cada máquina. De acuerdo con esta clasificación, se realizarán las medidas en unos sistemas u otros en un tiempo marcado. Esta clasificación se basará en la necesidad del conocimiento del estado de la máquina. Es decir, cuan de importante es dicho equipo dentro del conjunto de la central, si la máquina tuviese que pararse para su reparación. Para llevar a cabo este cometido, se hace necesaria la creación de un inventariado de todos los equipos de los que dispone la planta, así como de sus características principales.

7.1.3 Límites de vibración

Como se vio en el apartado referente a las normativas, existen varios niveles jerárquicos de aplicación de normativas. Sin embargo, deberán establecerse una serie de valores admisibles en las vibraciones, con objeto de ajustar y establecer criterios de evaluación del estado de la máquina, para así proceder o no a la reparación del equipo o máquina.

7.2 RESULTADO FINAL

7.2.1 Inventariado de equipos

Todos los equipos de planta se encuentran enumerados en el *anexo 01*, indicando a su vez la zona de planta y características principales de acuerdo a la documentación de los equipos.

7.2.2 Criticidad

Se establece una clasificación de equipos donde se distinguen tres niveles de criticidad, en cuanto a la importancia de su ausencia dentro del ciclo de generación. Esta clasificación es:

- Criticidad alta.
- Criticidad media.
- Criticidad baja.

Por consiguiente, atendiendo al nivel de criticidad del equipo, se establece una periodicidad de medición para mantener así un seguimiento razonable del equipo, sin pérdidas de tiempo en mediciones de equipos que no son necesarias. Para ver la clasificación de los equipos, véase el *anexo 01*.

7.2.3 Periodicidad

Se establecen varias periodicidades de la toma de mediciones atendiendo a la clasificación de criticidad de los equipos:

- Equipos de criticidad alta: medición trimestral.
- Equipos de criticidad media: medición cada 6 meses.
- Equipos de criticidad baja: medición anual.

Por otro lado, los equipos de protección contra incendios (PCI) son arrancados mensualmente dada su importancia y por obligatoriedad de normativas. Por tanto, se aprovecharán estos arranques para la medición de vibraciones.

7.2.4 Límites de vibración

Como se ha citado anteriormente, dentro de la jerarquía de las normativas, para la aplicación de este proyecto se seguirá la norma *ISO 10816*; la cual, en cada una de sus partes, cuenta con tablas de límites de vibración, los cuales deberán ser tomados como baremos iniciales del estado anómalo de los equipos, atendiendo a sus características de diseño. Dichas características son, principalmente, el tipo de máquina, potencia útil, velocidad de funcionamiento y la rigidez del acoplamiento máquina-soporte.

Para realizar el estudio de la rigidez del acoplamiento máquina-soporte, se recomienda un ensayo de impacto y su posterior análisis de resultados. Sin embargo, por complejidad del ensayo y/o carecer de las herramientas apropiadas, como guía general, se tomarán las máquinas horizontales como soporte rígido (siempre y cuando el soporte se encuentre en buenas condiciones) y las máquinas verticales como soporte flexible.

Así pues, se aplicará la norma *ISO 10816-3* para máquinas con potencia superior a 15 kW y velocidades de funcionamiento comprendidas entre 120 y 1500 rpm. Esta norma, a su vez, distingue estas máquinas en cuatro grupos:

- Grupo 1: Máquinas eléctricas con eje a altura mayor de 315 mm y máquinas de potencia mayor a 300 kW (no mayor de 50 MW).
- Grupo 2: Máquinas con eje a altura entre 160 y 315 mm y máquinas de potencia comprendida entre 15 y 300 kW.
- Grupo 3: Bombas multiálabe de motor independiente.
- Grupo 4: Bombas multiálabe de motor integrado.

Diferenciando en distintos grupos, los límites de las zonas se detallan en la siguiente tabla.

ISO 10816-3: Límites de vibración		
Grupo 1		
Soporte	Zona límite	Velocidad RMS (mm/s)
Rígido	A/B	2,3
	B/C	4,5
	C/D	7,1
Flexible	A/B	3,5
	B/C	7,1
	C/D	11,0
Grupo 2		
Rígido	A/B	1,4
	B/C	2,8
	C/D	4,5
Flexible	A/B	2,3
	B/C	4,5
	C/D	7,1
Grupo 3		
Rígido	A/B	2,3
	B/C	4,5
	C/D	7,1
Flexible	A/B	3,5
	B/C	7,1
	C/D	11,0
Grupo 4		
Rígido	A/B	1,4
	B/C	2,8
	C/D	4,5
Flexible	A/B	2,3
	B/C	4,5
	C/D	7,1

Resultará de aplicación la norma ISO 10816-1 para el resto de máquinas. Esta norma también distingue en cuatro clases, que son:

- Clase I: Máquinas con potencia inferior a 15 kW.
- Clase II: Máquinas con potencia entre 15 y 75 kW sin cimentación especial y máquinas con potencia menor a 300 kW con cimentación especial.
- Clase III: Máquinas con potencia superior a 300 kW y cimentación rígida.
- Clase IV: Máquinas con potencia superior a 300 kW y cimentación flexible.

ISO 10816-1: Límites de vibración		
Clasificación máquinas	Zona límite	Velocidad RMS (mm/s)
I	A/B	1,12
	B/C	2,8
	C/D	7,1
II	A/B	1,8
	B/C	4,5
	C/D	11,2
III	A/B	2,8
	B/C	7,1
	C/D	18,0
IV	A/B	4,5
	B/C	11,2
	C/D	28,0

Cabe destacar que existen máquinas que podrían englobarse en ambas normas. Sin embargo, en los casos en que esto ocurra, se tomará la norma más restrictiva en interés de la seguridad, que siempre será la norma *ISO 10816-3*.

Mencionar que dichas limitaciones de vibración global siempre podrán ser editadas con la experiencia propia de los operarios, para cada uno de los equipos concretos.

7.2.5 Establecimiento de puntos de control

Debido a la complejidad de la planificación en la toma de vibraciones, se planifican puntos de control anterior y posterior a la toma de medidas mensuales, donde se recopilará información y se estudiarán los aspectos que son explicados a continuación:

- Redundancia en equipos.

Dado que algunos sistemas cuentan con equipos redundantes, es necesario un control de las mediciones de los equipos donde se verificarán los equipos medidos y aquellos que no lo son, así como los disponibles y aquellos que no lo están.

Es importante conocer que el cambio entre equipos redundantes del mismo sistema se realiza cada 4000 horas de funcionamiento. Los cambios entre equipos son controlados por el departamento de operaciones y control; por lo que, durante los puntos de control mensuales, es conveniente comprobar las horas de funcionamiento de los equipos y prever la puesta en marcha de los equipos redundantes, para la toma de medidas.

Sin embargo, durante el funcionamiento continuado del grupo de generación, es imposible el cambio entre equipos redundantes en algunos de los sistemas por motivos de seguridad en el funcionamiento (posible disparo del grupo). A continuación se enumeran los equipos que no pueden ser encendidos o apagados con el grupo arrancado.

Equipos que no permiten cambio con grupo encendido			
Sistema	KKS	Sistema	KKS
Bombas lubricación	MAV21 AP021/022	Bombas condensado	LCB11/12 AP001
Aceite sellado gen.	MKW11/12 AP001	Vacio condensador	MAJ60/70 AP001
Hidráulico vapor	MAX01 AP001/002	Hidráulico gas	MBX02 AP001/002
Bombas torres refr.	LAC11/12 AP001		

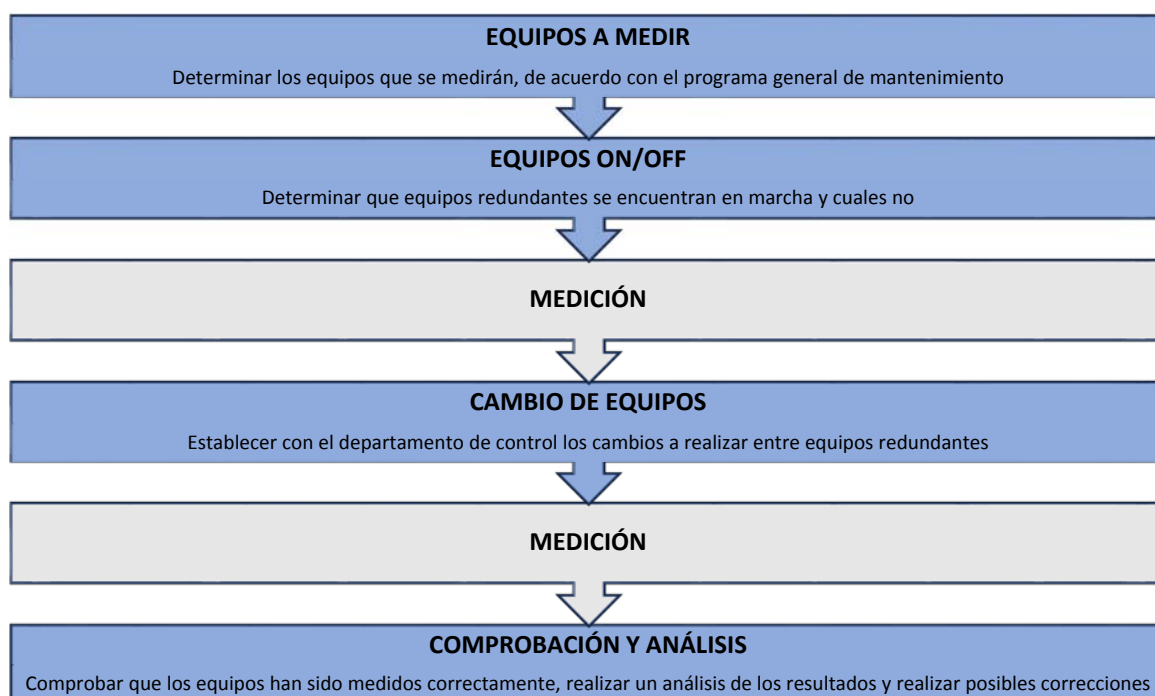
- Estado de la vida útil de un componente.

Cuando alguno de los componentes de los equipos se acerca al fin de su vida útil, la vibración global medida aumenta de forma exponencial con el tiempo. Es por ello que es necesario reducir el tiempo entre las mediciones y así observar el aumento o aparición de la vibración. De esta forma, un equipo en el que se observe un aumento de la amplitud de vibración o la aparición de vibraciones nuevas en el espectro, que sean síntoma de un funcionamiento anómalo, deberá ser observado con mayor frecuencia. Así pues, con posterioridad a la medida de la vibración, se comprobará y editará la periodicidad de las mediciones para aquellos equipos en que se prevean fallos inminentes.

En este punto también se evaluarán los límites de vibración global establecidos, ampliándolos o reduciéndolos según sea necesario por experiencias de trabajo.

Bajo los aspectos anteriormente descritos, se concretará la planificación de los equipos a medir, atendiendo también los criterios de criticidad y periodicidad anteriormente descrita.

A continuación se muestra un esquema de tareas a realizar durante el punto de control.



7.2.6 Actuación ante fallo

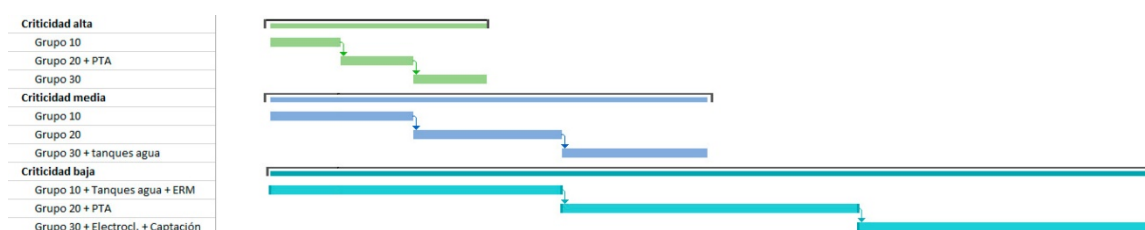
Una vez efectuadas las mediciones, gracias al software instalado en el equipo utilizado, pueden ser generados informes de dichos análisis para visualizar fácilmente los fallos y actuaciones a llevar a cabo para su corrección. Sin embargo, se recomienda confirmar dichos resultados observando el espectro en frecuencia por parte de un técnico especializado, cuando los niveles de vibración estén por encima de los límites de alarma.

Por tanto, una vez se haya detectado algún fallo, se llevarán a cabo todos los procesos oportunos para subsanar el problema. Es decir, se informará al encargado del departamento de mantenimiento y se crearán las órdenes de trabajo que se requieran para subsanar el fallo de origen de la vibración.

7.3 PLANIFICACIÓN

7.3.1 Periodicidad de las mediciones

Acorde con los criterios anteriormente descritos, se establece una planificación de toma de vibraciones para un correcto seguimiento.



7.3.2 Rutas de medición

A continuación se detallan las rutas de medición que deberán seguir los operarios, para mayor aprovechamiento y efectividad. Para una mejor comprensión y visualización, se adjuntan planos donde se detallan las rutas, en su correspondiente apartado.

Dado que la planta está compuesta por tres centrales (tres grupos) de generación, se especificarán las rutas mediante sistemas a medir en uno solo de ellos. Sin embargo, la ruta variará de central o grupo en función de la planificación anteriormente descrita.

Los sistemas se identificarán por sus códigos KKS, empezando las rutas siempre por los edificios de caldera de recuperación de calor, siguiendo por los edificios de turbinas y finalizando por los edificios de sistemas auxiliares.

Se distinguen tres niveles de rutas, acorde con el tipo de criticidad de los sistemas a medir.

7.3.2.1 Ruta de nivel 1

En este nivel se medirán los equipos de criticidad alta. A continuación se especifica el orden de medición.

Ruta de nivel 1		
Edificio	KKS	Sistema
Caldera de recuperación	LAC	Bombas de alimentación caldera
Turbinas	PGB	Bombas de refrigeración auxiliares
	MAJ	Bombas de vacío condensador
	LCB	Bombas de condensado
	MAX	Hidráulico de control TV
	MAV	Lubricación
PTA	SGA	Protección contra incendios
Torres de refrigeración	PAC	Bombas de circulación principal

7.3.2.2 Ruta de nivel 2

En la siguiente tabla se especifican, en orden, la medición de los equipos de criticidad media.

Ruta de nivel 1		
Edificio	KKS	Sistema
Caldera de recuperación	HAX	Unidad hidráulica de control
Turbinas	PCB	Bombas de refrigeración auxiliar (retorno)
	PAB	Bombas de limpieza de condensador
	MAV	Bombas de elevación
	MBX	Hidráulico de control TG
Área de almacenamiento de agua	GHC	Bombas de alimentación a ciclo
Torres de refrigeración	PAD	Ventiladores torres de refrigeración

7.3.2.3 Ruta de nivel 3

Los equipos de criticidad baja serán medidos, en el orden marcado en la siguiente tabla.

Ruta de nivel 1		
Edificio	KKS	Sistema
Caldera de recuperación	LAC05	Bomba de extracción de aire
	LCL	Bombas de extracción de purgas
Turbinas	LCM	Bombas de extracción de purgas
	MBA	Limpieza compresor
	MBA	Control de intersticios de turbina
Área de almacenamiento de agua	GNK	Bombas de balsas
PTA	GBK	Bombas de osmosis (alta y baja presión)
	GCF	Bombas alta presión osmosis
	GCK20	Bombas 2 etapa osmosis
	GCK30	Bombas alimentación a servicios
	PUS	Drenaje de químicos a balsas
Electrocloración	PUN	Dosificación
	PUS	Alimentación agua bruta
Captación	GAF	Bombas de alimentación a PTA
	PAR	Bombas de alimentación a torres
	PAR50	Limpieza rejillas
ERM	EKT	Bombas circuito de calentamiento de gas

8 CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN

8.1 REQUISITOS DE DISEÑO

En esta parte del proyecto, se trata de introducir un nuevo componente de máquina en el programa de mantenimiento predictivo basado en vibraciones.

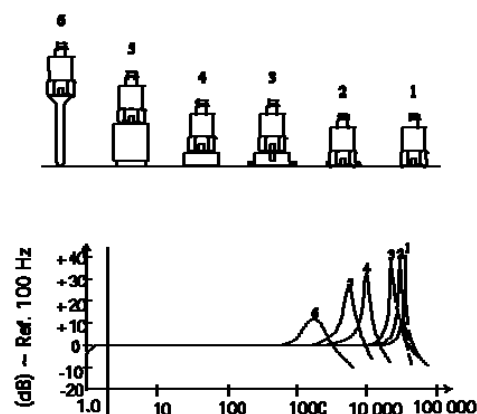
Dicha máquina se trata de un ventilador situado en las torres de refrigeración del grupo de generación, con las siguientes características:

- Motor: ABB modelo M2CA 315LA 4 B3.
- Potencia: 200 kW.
- Velocidad de funcionamiento: 1485 rpm.
- Reductora: Hansen modelo QVRE2 CUN-12,5 (TQ)
- Número de etapas de reducción: 2 etapas de reducción
- Ventilador: Cofimco modelo 9144-8-33F/G2,0T
- Número de aspas: 8 aspas

Se adjuntan planos del emplazamiento de los componentes así como planos con dimensiones generales, en el apartado correspondiente.

8.1.1 Método de colocación

Existe un aspecto de gran importancia relativo a la colocación de los sensores de contacto. El método de sujeción del sensor determina directamente la respuesta en altas frecuencias. El contacto entre el sensor y el sistema medido actúa como un filtro. A continuación se muestran las curvas relativas según la forma de sujeción de los sensores.



Existe, por tanto, una clara diferenciación en entre las formas de colocación, ya que actúan como amortiguadores. La mejor forma de sujeción es atornillada, bien directamente sobre la superficie de la máquina, o sobre una pieza metálica intermedia.

La sujeción magnética da también una respuesta en frecuencia relativamente buena, aunque sus resultados dependen mucho del estado de la superficie en la que se coloca el imán. Esta superficie debe ser lisa, limpia y sin restos de grasa o pintura. En caso de que el imán esté mal colocado, las medidas serán erróneas.

8.1.1 Posición y punto de colocación

Igual de importante es la forma de colocar el sensor, como la posición o el punto concreto donde se coloca dicho sensor, dependiendo del equipo o sistema mecánico que se pretenda medir. Así pues, siempre intentarán colocarse los sensores en los puntos más próximos a la fuente de generación de la propia vibración, ya sean rodamientos, cojinetes, transmisiones de engranajes o correas, etcétera.

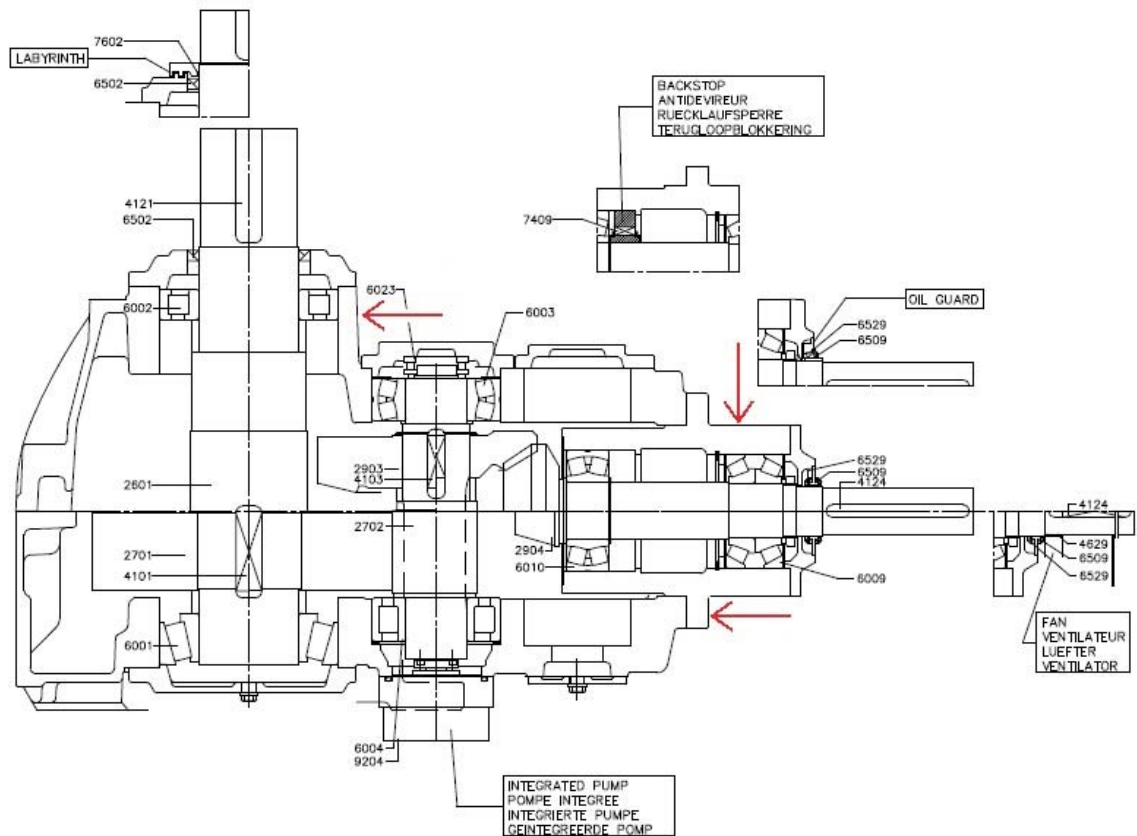
Para sensores tridimensionales, se tendrá en cuenta la posición relativa de los ejes del sensor respecto al eje de la máquina. De este modo se distinguirán tres direcciones ortogonales: radial, tangencial y axial.

8.2 RESULTADOS DE LA INSTALACIÓN

8.2.1 Colocación de sensores

Como se ha explicado en el punto anterior de requisitos de diseño, es muy necesaria una correcta colocación de los sensores para obtener resultados viables que puedan servir para la detección de anomalías. Por tanto, para sistemas de medidas periódicas con equipos portátiles, como es el caso, se recomienda la fijación atornillada de los sensores a la máquina o a un elemento intermedio. Con ello se consigue una correcta transmisión de la vibración hasta el sensor y, no menos importante, una repetitividad de la medición para obtener un histórico de mediciones coherente.

Del mismo modo, las posiciones escogidas deben ser las más cercanas al origen de la vibración y en la dirección correcta, para una medición óptima. Se propuso la instalación de cuatro sensores uniaxiales, por resultar más económicos, que midieran las direcciones radiales y axiales, tanto del eje de entrada como del eje de salida. Por impedimentos físicos tubo que obviarse la instalación del sensor axial del eje de salida. A continuación se muestra una imagen de la posición y dirección de medición de los sensores.



Listado componentes

Código	Componente	Código	Componente
2601	Eje salida	6004	SKF Z192317
2701	Rueda (Z=67)	6009	SKF 31315 QQ (x2)
2702	Piñón (Z=15)	6010	SKF 22316 EQJ
2903	Rueda (Z=47)	6023	SKF 81211 QQ
2904	Piñón cónico (Z=15)	6502	Junta de estanqueidad
4101	Chaveta	6509	Junta de estanqueidad
4103	Chaveta	6529	Junta de estanqueidad
4121	Chaveta	7409	Antorretorno
4124	Chaveta	7602	Junta tórica
4609	Ventilador	7610	Junta tórica
4629	Anillo de ajuste	9204	Bomba
6001	SKF 32228 QQ	ML	Sensor nivel
6002	SKF NJ228 EC	PTF	Sensor temperatura
6003	SKF 22317 EQJ		

8.2.2 Frecuencias características

Para calcular las frecuencias características, es necesario conocer las características físicas propias de la reductora. Todas ellas se enumeran en la siguiente tabla.

Características reductoras				
	Etapa 1		Etapa 2	
Código en plano	2904	2903	2702	2701
Número de dientes	15	47	15	67
Rel. Transmisión	3.133		4,467	
Número de aspas				8

Por tanto, las frecuencias características más importantes se enumeran en la tabla siguiente.

Frecuencias características reductora		
	Eje intermedio	Eje de salida
Velocidad (rpm)	473,94	106,11
Velocidad (Hz)	7,90	1,77

Frecuencias características ventilador	
Paso de aspas (rpm)	848,84
Paso de aspas (Hz)	14,15

8.2.3 Frecuencias de fallo de componentes

Las frecuencias de fallo de componente son aquellas que indican un posible problema en el funcionamiento de un componente de la máquina. La aparición de un pico de vibración en el espectro a dicha frecuencia, indicará, por tanto, un fallo de ese componente específico.

8.2.3.1 Frecuencias de engrane

Todas ellas vienen determinadas dependiendo del número de dientes del conjunto piñón-corona.

Frecuencias de engrane		
	Eje intermedio	Eje de salida
GMF (rpm)	22.275,00	7.109,04
GMF (Hz)	371,25	118,48
FRD (rpm)	31,60	7,07
FRD (Hz)	0,53	0,12

8.2.3.2 Frecuencias de rodamientos

Indican el fallo de las partes de los rodamientos, dependiendo de sus características de diseño. Las frecuencias más importantes son:

- Frecuencia de fallo fundamental (*FTF*)
- Frecuencia de fallo de elementos rodantes (*BSF*)
- Frecuencia de fallo de la pista interior (*BPIF*)
- Frecuencia de fallo de la pista exterior (*BPOF*)

8.2.3.2.1 Rodamiento SKF 31315

Velocidades de funcionamiento	
Velocidad (<i>rpm</i>)	1485
Velocidad (<i>Hz</i>)	24,75

Frecuencias de fallo	
FTF (<i>Hz</i>)	10,2
BSF (<i>Hz</i>)	60,6
BPOF (<i>Hz</i>)	163,6
BPIF (<i>Hz</i>)	232,4

8.2.3.2.2 Rodamiento SKF 22316E-C3

Velocidades de funcionamiento	
Velocidad (<i>rpm</i>)	1485
Velocidad (<i>Hz</i>)	24,75

Frecuencias de fallo	
FTF (<i>Hz</i>)	10
BSF (<i>Hz</i>)	61,9
BPOF (<i>Hz</i>)	150,7
BPIF (<i>Hz</i>)	220,5

8.2.3.2.3 Rodamiento SKF 32228 QQ

Velocidades de funcionamiento	
Velocidad (<i>rpm</i>)	106,11
Velocidad (<i>Hz</i>)	1,768

Frecuencias de fallo	
FTF (<i>Hz</i>)	0,75
BSF (<i>Hz</i>)	5,68
BPOF (<i>Hz</i>)	15,8
BPIF (<i>Hz</i>)	21,3

8.2.3.2.4 Rodamiento SKF NJ228 EC

Velocidades de funcionamiento	
Velocidad (rpm)	106,11
Velocidad (Hz)	1,768

Frecuencias de fallo	
FTF (Hz)	0,76
BSF (Hz)	6,09
BPOF (Hz)	14,4
BPIF (Hz)	19,2

8.2.4 Límites de vibración global

Como se ha venido aplicando durante todo el proyecto, la norma de aplicación será la *ISO 10816: "Evaluación de la vibración en máquinas mediante medidas en partes no rotativas"*, en el apartado 3 para medidas *in-situ* de máquinas industriales de más de 15kW, con velocidades de funcionamiento comprendidas entre 120 y 1500 rpm.

Se tomará, por tanto, el eje de entrada de la reductora como soporte rígido y el eje de salida como soporte flexible, al estar posicionado de forma vertical.

Los límites se establecerán, entonces, del siguiente modo:

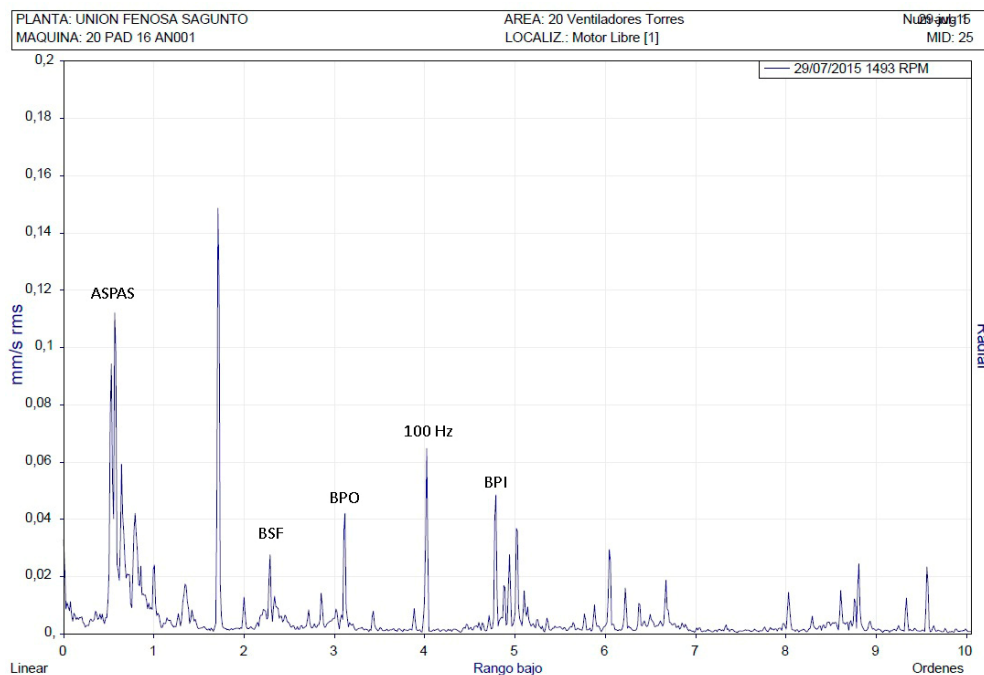
Límites de vibración global				
	Posición	Tipo soporte	Zona B/C (mm/s)	Zona C/D (mm/s)
Punto 1	Motor lado libre	Rígido	2,8	4,5
Punto 2	Motor lado acoplamiento	Rígido	2,8	4,5
Punto 3	Reductora entrada	Rígido	2,8	4,5
Punto 4	Reductora salida	Flexible	4,5	7,1

8.3 RESULTADOS DE MEDIDA Y ANÁLISIS DE LAS VIBRACIONES

Una vez modeladas las reductoras y definidas las frecuencias de fallo de los componentes, se puede llevar a cabo la medida de las vibraciones y su correspondiente análisis. A continuación se muestran los resultados obtenidos de las mediciones.

Para cada una de las localizaciones, se muestra el gráfico del espectro en frecuencia, ya que este tipo de gráfico resulta de mayor interés para el análisis de los fallos.

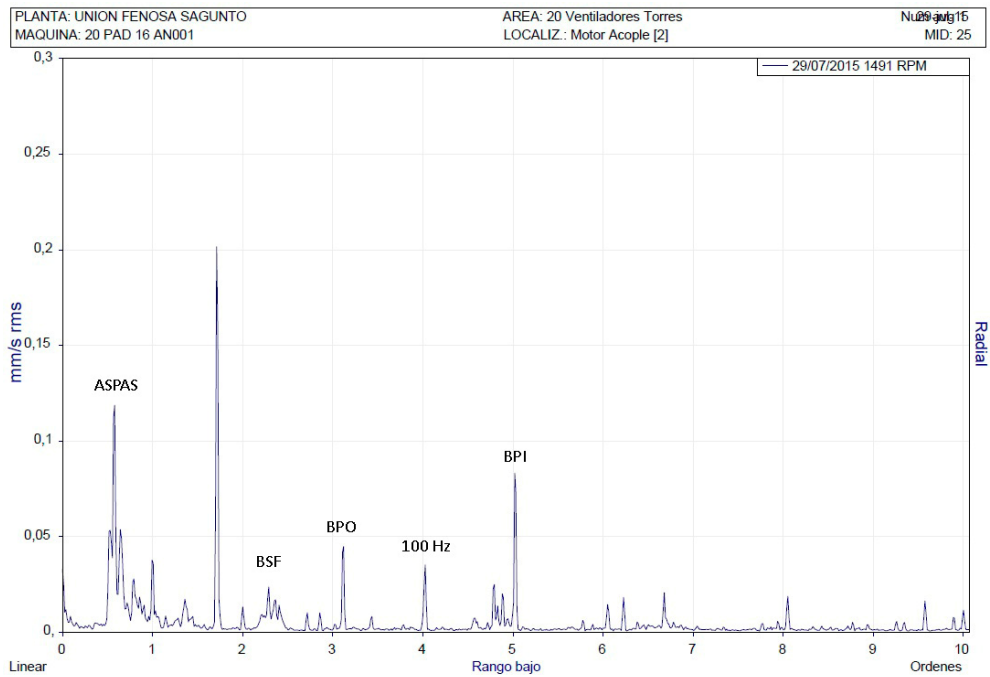
8.3.1 Localización 1: motor lado libre



En la gráfica de la dirección radial anterior, pueden observarse las frecuencias de fallo del rodamiento del motor, por el lado libre de éste; siendo las vibraciones de baja magnitud. Por tanto, puede decirse que no es necesario ninguna medida correctiva.

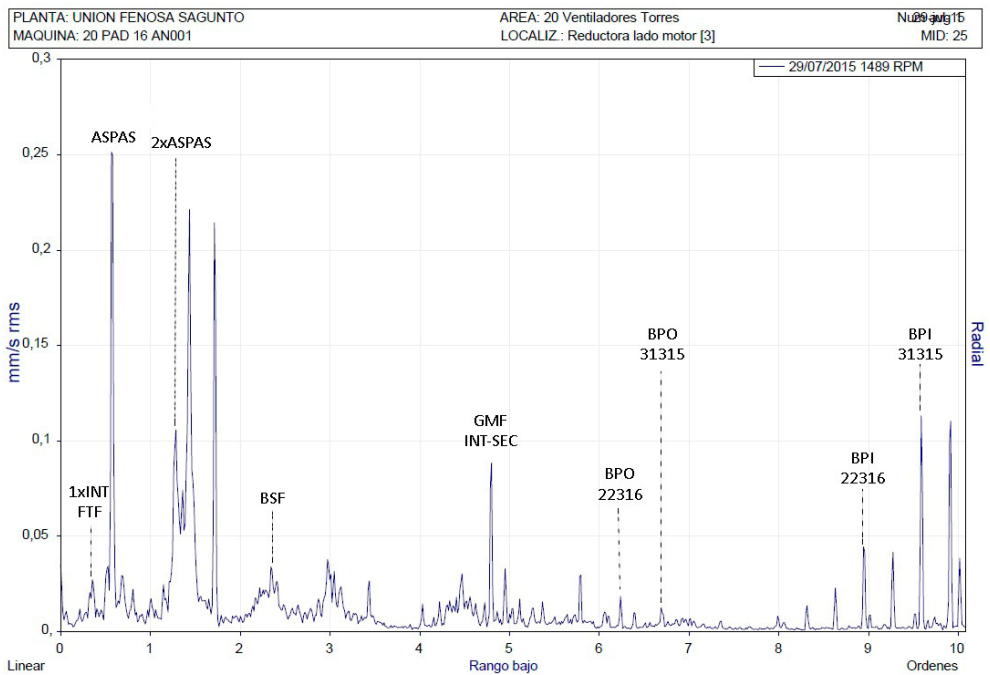
La vibración causada por el desequilibrio de las aspas del ventilador (subarmónico 0,6x) es tan acusada que puede ser observada en el espectro de esta localización del motor. Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros de zona segura.

8.3.2 Localización 2: motor lado acoplamiento



Igual que en la localización anterior, las frecuencias de vibración de fallo del rodamiento son apreciables en la gráfica del espectro en frecuencia.

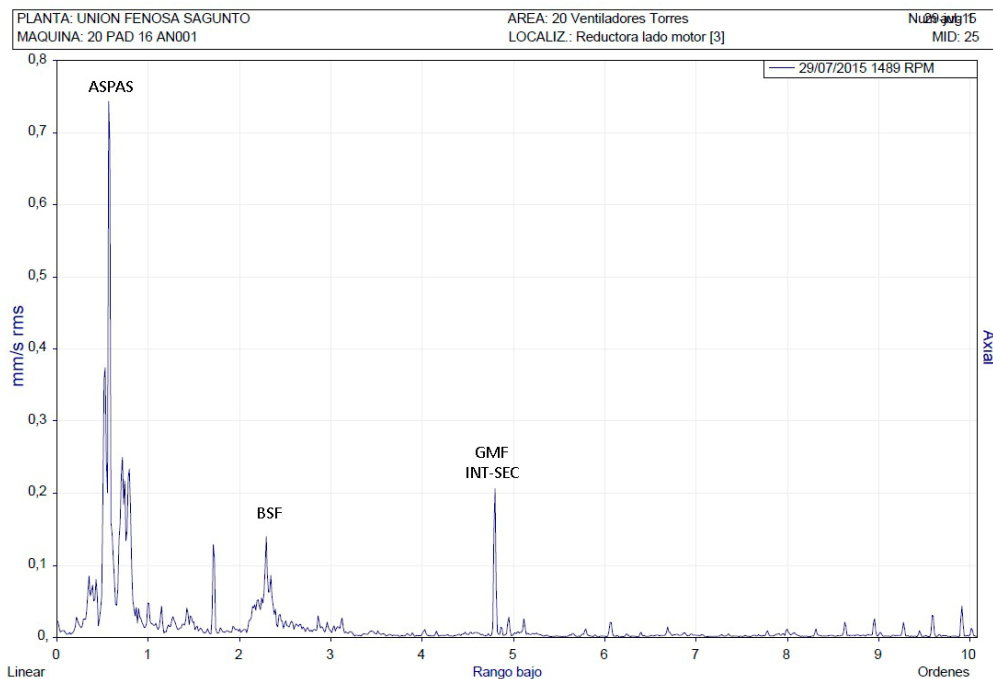
8.3.3 Localización 3: reductora lado acoplamiento



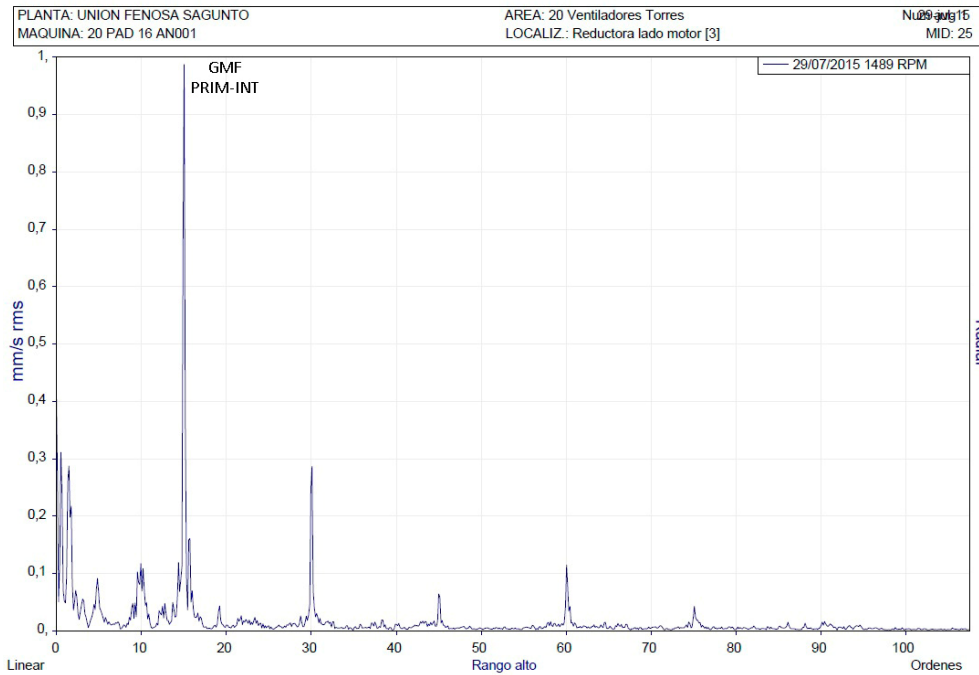
En la gráfica anterior de la dirección de medida radial, pueden observarse las frecuencias características de los rodamientos (FTF, BSF, BPO y BPI), así como la frecuencia de engrane entre los ejes intermediario y de salida. Las frecuencias referidas al giro de los elementos rodantes y de la jaula, en la práctica, son iguales. Sin embargo, esto no ocurre para las frecuencias características de las pistas interior y exterior, debido a los distintos diámetros entre ambos rodamientos.

Cabe destacar la aparición de bandas laterales en las proximidades de las frecuencias de fallo de las pistas interiores (BPI o BPII). Este hecho resulta un claro indicativo del deterioro de los rodamientos. La pista interior generalmente sufre un deterioro más rápido que la pista exterior, por tanto, se aconseja observar la posible aparición de más bandas laterales en estas frecuencias, en las próximas mediciones. Ello sería indicativo del fallo inminente del rodamiento en cuestión.

También puede observarse la amplitud de la vibración que se produce en el subarmónico 0,6x. Este subarmónico coincide con la frecuencia de desequilibrio de las aspas y la frecuencia de rotación del eje intermediario; aunque, en la teoría, ambas frecuencias no son exactamente coincidentes. Como consecuencia del desequilibrio de las aspas, también se generan picos de vibraciones en múltiplos de esta frecuencia ($2 \times \text{ASPAS} = 1.2x$, $3 \times \text{ASPAS} = 1.8x$, etc...).

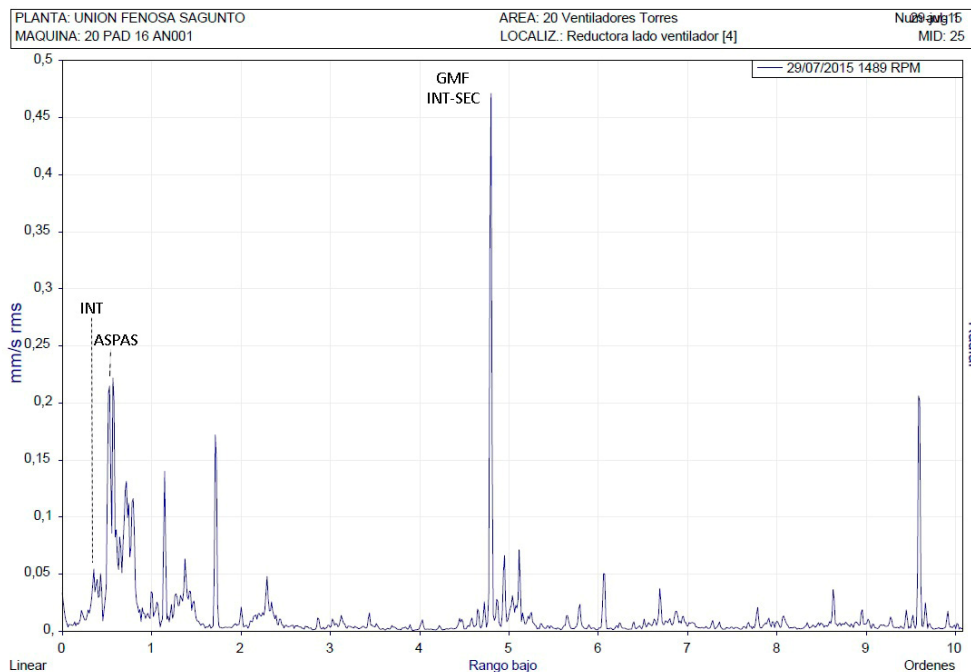


La anterior gráfica muestra el espectro en la dirección axial. En dicha dirección también pueden apreciarse algunas frecuencias de fallo, aunque no todas las mencionadas anteriormente.

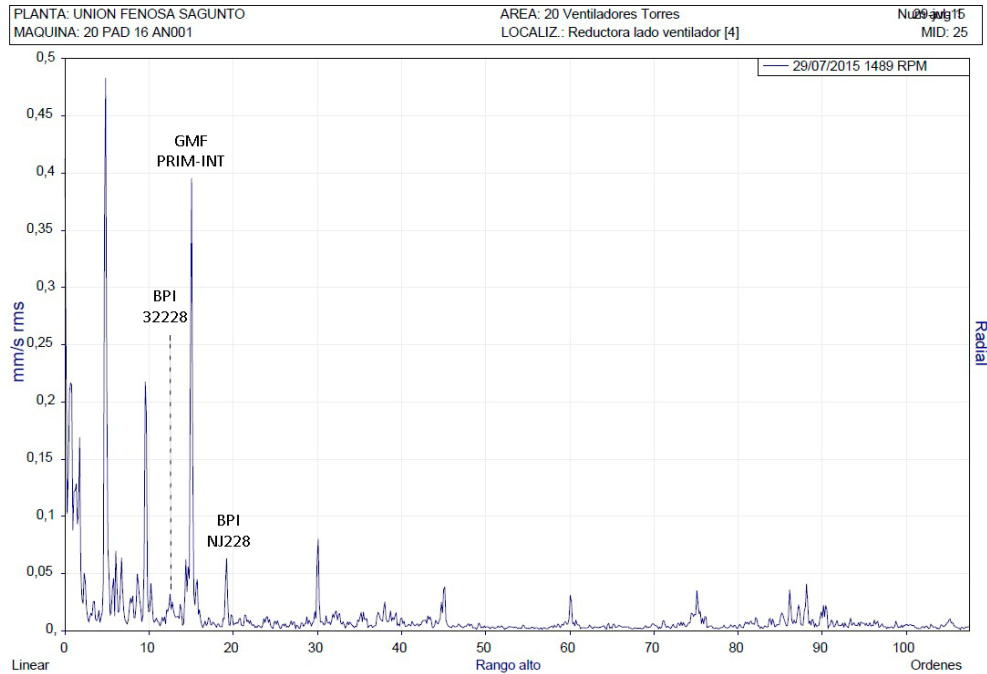


En esta gráfica de rango alto puede observarse la frecuencia de engrane del juego cónico entre el eje primario (entrada) y el eje intermedio, así como sus armónicos (GMF=15x, 2xGMF=30x, 3xGMF=45x, etc...). La magnitud de esta vibración comienza a tener un valor significativo. Aunque no sería necesaria una parada para su reparación, sería recomendable su observación en un futuro para que, en caso de un aumento en su magnitud, realizar la intervención necesaria para subsanar la causa del deterioro de los engranajes cónicos.

8.3.4 Localización 4: reductora lado ventilador



Del mismo modo que en la localización anterior, en esta gráfica puede observarse la frecuencia de engrane (GMF) del conjunto entre los ejes intermediario y de salida, así como la frecuencia de desequilibrio de las aspas o de rotación del eje interior. La frecuencia de rotación del eje de salida es muy baja debido a la gran reducción de la velocidad, por lo que no puede apreciarse en el gráfico.



Existe un pico que se reproduce en todas las mediciones tomadas sobre el equipo en el orden de 1.8x, aproximadamente; sin que éste coincida con ninguna de las frecuencias características de fallo de los componentes. Ese pico puede ser observado de mayor magnitud en las gráficas de las mediciones radiales y, aún con un ligero aumento de su amplitud, en las localizaciones del motor en el lado del acoplamiento y en la reductora en el lado del acoplamiento. Este último hecho ayuda a la interpretación de que la vibración es producida por el eje que une el motor con la reductora o, en su defecto, algún acoplamiento elástico existente entre ellos. A pesar de que su magnitud no es significativa, se recomienda su observación en futuras mediciones y, si su amplitud aumentara hasta valores significativos, proceder al estudio de la causa donde radica la fuente de esta vibración; ya sea comprobando el estado del eje y sus acoplamientos, su alineación o deformación.

8.4 PLANIFICACIÓN

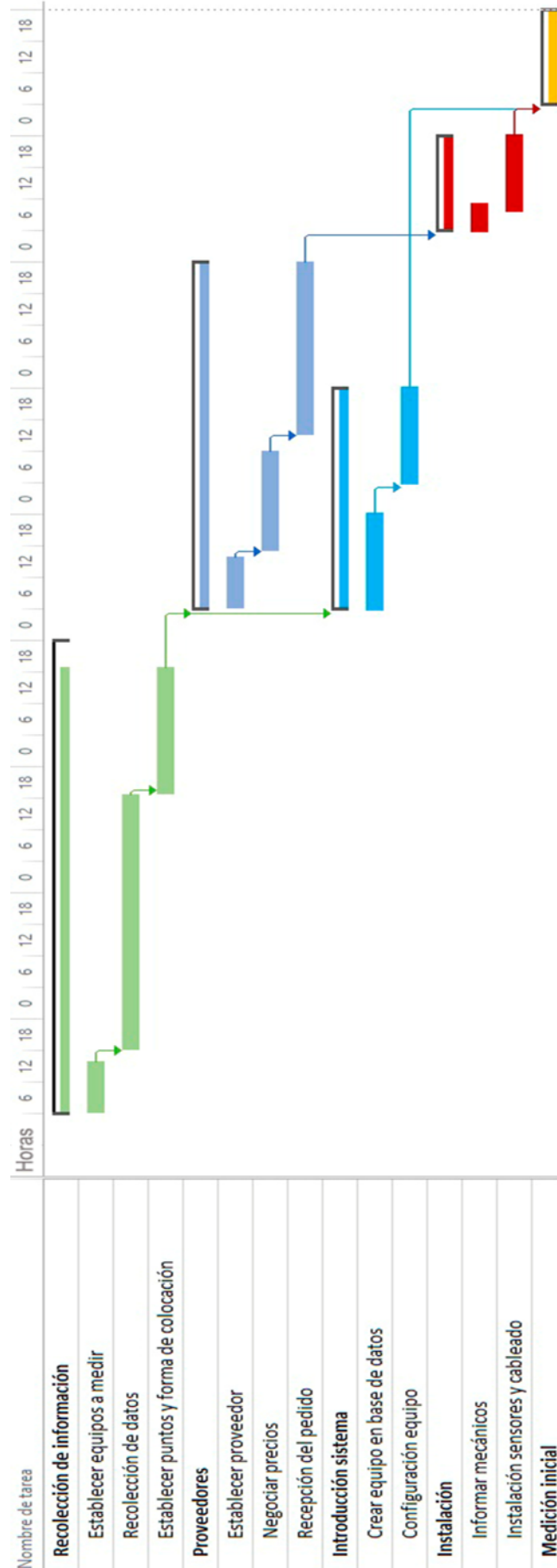
Para una correcta ejecución a la hora de proceder con la instalación de sensores de vibraciones, se recomienda seguir un orden de tareas principales. Estas serían:

- Recolección de datos e información. Inventariado de los equipos que pretenden ser introducidos en el programa de mantenimiento mediante la medición de sus vibraciones. Es recomendable conocer las características propias del equipo (potencia, velocidad de funcionamiento, tipo de equipo, etc...), los componentes que lo forman (rodamientos, acoplamientos, número de álabes en bombas, dientes en engranajes, etc...) y su localización. Los planos seccionales de las máquinas puede ser de gran utilidad para saber dónde se sitúan los componentes, y así proceder a la colocación de los sensores de medición en los lugares óptimos.

Esta tarea puede ser costosa y llevar bastante tiempo. Sin embargo, un mayor conocimiento del equipo medido y sus componentes ayudará a una mejor implantación en el sistema de mantenimiento y un mejor análisis de los resultados obtenidos.

- Proveedores. Establecer el proveedor que mejor pueda suministrar los componentes requeridos para la instalación concreta. Es decir, escoger de sus catálogos el sensor o sensores que mejor se adapten a la aplicación que vayamos a usar.
- Introducir los nuevos puntos de medición en el sistema. Crear la nueva máquina y su localización en la base de datos, así como introducir las características necesarias que la definan (velocidad de funcionamiento, tipo de rodamientos y sus frecuencias de fallo, etc...).
- Instalación. Los sensores se instalarán según el método acordado, ya sea por los mecánicos disponibles en planta o por una empresa externa contratada para ello.
- Medición. Es importante realizar una medición inicial para tener una referencia del progreso de la vibración y analizar los resultados para contrastarlos con lo esperado.

El orden de tareas que se ha de realizar se muestra a continuación en un gráfico.



Anexos

ÍNDICE DEL ANEXO

ANEXO 01: INVENTARIADO DE EQUIPOS	63
1 CUESTIONES GENERALES	63
2 EQUIPOS DE CRITICIDAD ALTA	63
3 EQUIPOS DE CRITICIDAD MEDIA	64
4 EQUIPOS DE CRITICIDAD BAJA	65
ANEXO 02: CCC SAGUNTO DE GAS NATURAL FENOSA	69
1 ISLA DE POTENCIA	69
1.1 Turbina de gas	70
1.1.1 Compresor	70
1.1.2 Turbina	70
1.1.3 Carcasa	71
1.1.4 Rotor	71
1.1.5 Sistema de drenaje	71
1.1.6 Sistema de refrigeración de la turbina	71
1.1.7 Virador	72
1.2 Calera de recuperación de calor	72
1.2.1 Ciclo agua vapor	73
1.2.1.1. Sistemas de alta y media presión	73
1.2.1.2. Sistema de baja presión	74
1.2.1.3. Sistema de recalentamiento de vapor	74
1.2.2 Sistema de agua de alimentación	74
1.2.3 Sistema de desaireación	74
1.2.4 Drenajes y purgas	75
1.2.5 Válvula by-pass de alta presión	75
1.3 Turbina de vapor	76
1.3.1 Cuerpo de alta presión (HP)	76
1.3.2 Cuerpo de media (IP) y baja presión (LP)	77
1.3.3 Virador del eje	77
1.3.4 Sistema de válvulas de vapor de actuación electro hidráulica	78
1.3.5 Drenajes y purga (drenajes limpios)	78
1.4 Condensador	79
1.4.1 Circuito de refrigeración principal (cuerpo del condensador)	79
1.4.2 Extracción de aire del circuito de condensado	79
1.4.3 Extracción de condensado	80
2 ACCESORIOS TURBINAS	81
2.1 Sistemas de lubricación principal y levantamiento	81
2.2 Acondicionamiento del lubricante	82
2.3 Extracción de vahos de aceite	82
2.4 Sistema de vapor de sellos	82
2.5 Sistema de limpieza de las tuberías del condensador (PAH)	83
2.6 Sistema de vapor auxiliar (caldera auxiliar)	83
2.7 Sistema de refrigeración de servicios	84
2.7.1 Circuito de agua de refrigeración (PCB)	84
2.7.2 Sistema cerrado de agua de refrigeración (PGB)	84
2.8 Sistema de tratamiento químico de agua de caldera	85

2.9	Sistema de alimentación de gas a la turbina	85
3	SISTEMAS AUXILIARES DE PLANTA	86
3.1	Estación de regulación y medida de gas (ERM)	86
3.2	Captación	86
3.3	Electrocloración	86
3.4	Planta de tratamiento de agua (PTA)	86
3.5	Balsas y vertidos	87
3.6	Protección contra incendios	87

ANEXO 01: INVENTARIADO DE EQUIPOS

1 CUESTIONES GENERALES

A continuación se enumeran los equipos de CCC Sagunto de Gas Natural Fenosa que son seguidos en el análisis de vibraciones del programa de mantenimiento predictivo.

Los equipos de cada uno de los grupos solo se enumeran una vez, pero son seguidos para los tres grupos.

2 EQUIPOS DE CRITICIDAD ALTA

Equipos de criticidad alta					
PLANTA	SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CÓDIGO KKS
Turbina gas + vapor + generador	Sistema de lubricación	Bomba Allweiler AG: Centrífuga NS100-250 Motor Siemens: 1LG4 313-2AB 14Z	121,44 kW 2982 rpm	Bomba 1	MAV21 AP021
				Bomba 2	MAV21 AP022
				B. emergenc.	MAV24 AP001
Generador	Aceite de sellado	Bomba	1,5 kW 3000 rpm	Bomba 1	MKW11 AP001
				Bomba 2	MKW12 AP001
				B.emergenc.	MKW15 AP001
Turbina vapor	Sistema de aceite auxiliares	Bomba Bosch Rexroth: A10VS O 28 DRG /31R-VPA12N00 Motor Siemens: ABZEK-V1-160M-4-A0-10,12	35 kW 3000 rpm	Bomba 1	MAX01 AP001
				Bomba 2	MAX01 AP002
Caldera recuperación	Bombas alimentación HP y IP	Bomba KSB AG: HGC 6/7 (7 etapas) Motor Teco Westinghouse: AECW 560 D-02	1938 kW 2980 rpm	Bomba 1	LAC11 AP001
				Bomba 2	LAC12 AP001
Sistema de condensador y agua circulación refrigeración	Bombas de extracción de condensado	Bomba KSB: WKTB 7/1+3 Motor Teco-Westinghouse: AEJG-PA001	478 kW 1490 rpm	Bomba 1	LCB11 AP001
				Bomba 2	LCB12 AP001
	Bombas de vacío	Bomba Gardner Denver Nash: 2BE1 303 0BY4-Z Motor Siemens: 1LG4 317-8AB60-Z	110 kW 738 rpm	Bomba 1	MAJ60 AN001
				Bomba 2	MAJ70 AN001
	Bombas de circulación	Bomba Flowserve: 57 APH Motor Indar: TAP-500-X/10	806 kW 595 rpm	Bomba 1	PAC11 AP001
				Bomba 2	PAC12 AP001
Circuito cerrado de agua refrig.	Bomba de alimentación del circuito	Bomba Apollo: KRC 300/400-108/GN Motor VEM: K21R 315M X4 BL HB KV LL NS SB	160 kW 1485 rpm	Bomba 1	PGB11 AP001
				Bomba 2	PGB12 AP001
Protección Contra Incendios	Alimentación principal sistema	Bomba Patterson: 10x8x23 SSCH Motor Dutchi	250 kW 1470 rpm	Bomba eléctrica	00SGA10 AP001
		Bomba Grundfos: CR 15-9	7,5 kW 2919 rpm	Bomba jockey	00SGA10 AP002
		Bomba Patterson: 10x8x23 SSCH Motor Clarke: JW6H-UF50	254 kW 2100 rpm	Bomba diesel	00SGA10 AP003

3 EQUIPOS DE CRITICIDAD MEDIA

Equipos de criticidad media					
PLANTA	SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CÓDIGO KKS
Turbina gas + vapor + generador	Sistema de elevación (también para virador)	Bomba de aletas T6DY-035-1R-00-B5 Motor Siemens: AC-Motor 1LG4 280-4AA 94Z	69 kW 1485 rpm	Bomba 1	MAV31 AP001
				Bomba 2	MAV32 AP001
				Bomba emergencia	MAV33 AP001
Turbinas gas	Suministro de aceite a auxiliares	Bomba Rexroth: A10VSO18 DRG/31R-VPA12K01 + Bomba Sauer SNP2/17DSCO6G Motor Elektra: 7AA 132M 04 IP55 B5/V1 400 V	7,5 kW 1455 rpm	Bomba 1	MBX02 AP001
				Bomba 2	MBX02 AP002
Caldera recuperación	Unidad hidraulica de alimentación bypass Alta presion	Motor MEB-3KW-4P-B5-380/50/60	3kW 1500 rpm	Bomba accionam.	HAX02 AP001
		Motor MEB-M,37KW-4P-B5-380/50/60	0,37 Kw 1500 rpm		Bomba recirculación
Sistema de condensador y agua circulación refrigeración	Ventiladores torres de refrigeración	Motor ABB: M2CA 315LA 4 B3 Reductor Hansen: QVRE2 CUN-12,5 (TQ) Ventilador Cofimco: 9144-8-33F/G2,0T	200 kW 1485 rpm 8 palas 112,8 rpm (salida)	Motor 1	PAD11 AN001
				Motor 2	PAD12 AN001
				Motor 3	PAD13 AN001
				Motor 4	PAD14 AN001
				Motor 5	PAD15 AN001
				Motor 6	PAD16 AN001
				Motor 7	PAD17 AN001
	Llenado bombas PAR	Bomba: 3153,181 MT	22 kW 970 rpm	Bomba	PAB50 AP010
Refrigeración de servicios (PCB)	Bomba refrigeración servicios	Bomba centrifuga Apollo: KRC 350/450-999 /GN Motor VEM: K21R 215S 8 LL TWS HB SV KV HW	55 kW 740 rpm	Bomba 1	PCB11 AP001
				Bomba 2	PCB12 AP001
Tanques desmineralización y potable	Alimentación agua desmineralizada a ciclo	Bomba M07-BI-7 Motor Siemens: 1LG6 183 2AA90-Z	15,72 kW 2930 rpm	Bomba 1	00GHC011 AP001
				Bomba 2	00GHC012 AP001
				Bomba 3	00GHC013 AP001
				Bomba 4	00GHC014 AP001

4 EQUIPOS DE CRITICIDAD BAJA

Equipos de criticidad baja					
PLANTA	SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CÓDIGO KKS
Turbina gas + vapor + generador	Sistema de aspiración de media presión (vahos aceite depósito)	Ventilador Elektror: Tipo RD4-0	0,55 kW 2840 rpm	Equipo	MAV82 AN001
					MAV82 AN002
Turbinas gas	Refrigeración aceite auxiliares	Bomba Sauer engranajes: SNP2/17DSCO6G Motor de MBX02	1455 rpm	Bomba de acondicionam.	MBX06 AP001
	Sistema de limpieza compresor	Bomba Grundfos: CRN15-6 Motor Grundfos: MG 132 SC2-8FF 265-D1	5,5 kW 2920 rpm	Bomba	MBA18 AP001
	Sistema de optimización de intersticios en turbina de gas (OIH)	Bomba Parker: PGM505 A0040BJ1D2NE3E3B1B1G4 Motor Siemens: 1LA7 107 4AA 66-Z	2,6 kW 1430 rpm	Bomba 1	MBA51 AP001
Turbina vapor	Refrigeración aceite auxiliares	Bomba: PGF3-3X/032RE07VE4 Motor Siemens: ABZEK-B5-90L-4-A1-1,32	1,5 kW 3000 rpm	Bomba	MAX01 AP011
	Sistema acondicionamiento aceite	Kracht: KF 3/112 F10B P007VP2/44	4 kW 1500 rpm	Bomba recirculación (dentro del equipo)	MAV93 AP001
		Bomba Dr-IngKBusch de paletas: RC0040E-40m3/h	1,1 kW 1500 rpm	Bomba de vacío (dentro del equipo)	MAV93 AP011
	Sistema condensador de vahos de vapor	Eickhoff: MGHN 7 A GR/GL 360 Motor Siemens: 1LA7 130-2AA11	5,5 kW 2925 rpm	Ventiladores	MAW80 AN001
Caldera recuperación	Bomba desaireador	Bomba KSB: MTC B 125/03-09.1 22.64 (3 etapas) Motor Siemens: 1LA4 314 2AA	192,21 kW 2980 rpm	Una bomba	LAC05 AP001
Purgas	Descarga tanque edificio caldera (LCL)	Bomba Bungartz centrífuga: VKS 2520D/80/50-AN Motor Siemens: 1LA5 206 2AA 14-Z	18 kW 2900 rpm	Bomba 1	LCL11 AP001
				Bomba 2	LCL12 AP001
	Descarga tanque edificio turbinas (LCM)	Bomba Bungartz centrífuga: VKS 2520D/80/50-AN Motor Siemens: 1LA5 206 2AA 14-Z	22,5 kW 2900 rpm	Bomba 1	LCM11 AP001
				Bomba 2	LCM12 AP001
	Recirculación drenajes de turbina				Bomba 1
Bomba 2					MAL65 AP002

Sistema de condensador y agua circulación refrigeración	Drenaje condensador	Bomba: BS3085,280 HT	2,4 kW 2830 rpm	Bomba	GMC10 AP001
	Oleosos trafo	Bomba: CP3085,280 MT	2 kW 1395 rpm	Bomba	GMB01 AP001
Tratamiento agua de caldera	Bomba dosificación hidracina	Motor ABB M2BA 71M4B	0,37 kW 1395 rpm	Bomba	QCA21 AP001
				Bomba 2	QCA22 AP001
	Motor agitador hidracina	Timsa	-	Motor	QCA10 AM001
	Bomba dosificadora fosfato trisódico (HP, IP y LP)	Bomba émbolo Dosapro Milton Roy: mROY XA/XB	1 kW	Bomba 1	QCC21 AP001
				Bomba 2	QCC22 AP001
				Bomba 3	QCC23 AP001
	Motor agitador fosfato trisódico	Timsa	-	Motor	QCC10 AM001
			Bomba 1	QCD21 AP001	
Bomba dosificación amoniaco	Motor ABB M2BA 71M4B	0,37 kW 1395 rpm	Bomba 2	QCD22 AP001	
			Motor	QCD12 AM001	
Motor agitador amoniaco	Timsa	-	Motor	QCD12 AM001	
Sistema de precal. de gas	Bomba de recirculación de agua	Bomba Klaus Union: SLM NV Motor Siemens: 1MJ6	-	Bomba	EKT25 AP001
Caldera aux	Bombas de alimentación de agua	Bomba Grundfos: CR 15-12 Motor: 160MB	11 kW	Bomba 1	00QLA21 AP001
				Bomba 2	00QLA22 AP001
ERM	Sistema de calentamiento de gas	Bomba centrífuga Grundfos: NB 125-250/236 Motor: MMG160L-4-42F300-E2	15kW 1750 rpm	Bomba 1	00EKT10 AP001
				Bomba 2	00EKT10 AP002
Captación	Sistema de alimentación a PTA	Bomba Hidrotecar: TR100/190/5 Motor Siemens: 1LAG6 207-4AA 94-Z	30 kW 1450 rpm	Bomba 1	00GAF11 AP001
				Bomba 2	00GAF12 AP001
				Bomba 3	00GAF13 AP001
	Sistema de alimentación a circulación de agua (torres refrig.)	Bomba Hidrotecar: TR500/5/450 Motor Siemens: 1LG6 318-6AA94-Z	128,59 kW 990 rpm	Bomba 1	00PAR11 AP001
				Bomba 2	00PAR12 AP001
				Bomba 3	00PAR13 AP001
				Bomba 4	00PAR14 AP001
Sistema de limpieza de filtrado	Bomba Flowserve: 65-40-LP075 Motor Siemens: 1LA7 130-2AA60	2,5 kW 3000 rpm	Bomba 1	00PAR50 AP001	
			Bomba 2	00PAR50 AP002	

PTA	Bombas baja presión paso 1 osmosis	Bomba Emica: CPK 50/160	-	Bomba 1	00GBK60 AP001
				Bomba 2	00GBK60 AP002
				Bomba 3	00GBK60 AP003
	Bombas alta presión osmosis	Bomba Danfoss Motor IEC: FPC 180-L4	22 kW	Bomba 1	00GBK70 AP001
				Bomba 2	00GBK70 AP002
				Bomba 3	00GBK70 AP003
				Bomba 4	00GBK70 AP004
				Bomba 5	00GBK70 AP005
				Bomba 6	00GBK70 AP006
				Bomba 7	00GBK70 AP007
				Bomba 8	00GBK70 AP008
				Bomba 9	00GBK70 AP009
				Bomba 10	00GBK70 AP010
				Bomba 11	00GBK70 AP011
				Bomba 12	00GBK70 AP012
		Bomba booster: 8500-2400 PX P/N 50004-01	-	Bomba 1	00GCF10 AP001
				Bomba 2	00GCF10 AP002
				Bomba 3	00GCF10 AP003
	Bombas paso 2 osmosis	Bomba Emica: EVML 32 14-0F5/30 Motor Siemens: 1LG4 206-2AA61-Z200L	45 kW 2955 rpm	Bomba 1	00GCK20 AP001
				Bomba 2	00GCK20 AP002
			Bomba 3	00GCK20 AP003	
Envío a EDIs	Bomba Emica: EVM L 32 3-0F5/55 Motor Siemens: 1LA7 130-2AA61	5,5 kW 2925 rpm	Bomba 1	00GCK30 AP001	
			Bomba 2	00GCK30 AP002	
			Bomba 3	00GCK30 AP003	
Lavado	Bomba Emica: CPK 50-160 Motor Siemens: 1LA7 130-2AA60 IP 55 132S 1MB3	5,5 kW 2925 rpm	Bomba 1	00GBR50 AP001	
			Bomba 2	00GBR50 AP002	
			Bomba 3	00GBR50 AP003	
			Bomba 4	00GBR50 AP004	

	Soplantes PTA	Mapner: SEM 4 TRCA.GCA	9 kW 4295 rpm	Soplante 1	00GBC10 AN001
				Soplante 2	00GBC10 AN002
Electrocloración	Dosificación	Bomba Emica: CPK 65/315 Motor Siemens: 1LG4 223- 2AA60 225M	45 kW 2960 rpm	Soplante 1	00PUN10 AP001
				Soplante 2	00PUN10 AP002
	Agua bruta	Bomba Emica: CPK 65/315 Motor Siemens: 1LG4 253- 2AB60 250M	55 kW 2960 rpm	Bomba 1	00PUS10 AP001
				Bomba 2	00PUS10 AP002
Bombas drenajes químicos	Bomba Emica: EVML 5 4/5 Motor Siemens	-	Bomba 1	00PUS45 AP001	
			Bomba 2	00PUS45 AP002	
Tanques demineraliz. y potable	Bomba balsa efluentes tratados	Bomba Tecnum: BVS KK 6,16 Motor ABB: 3G AA161113-BDB	18,5 kW 2900 rpm	Bomba 1	00GNK10 AP001
				Bomba 2	00GNK10 AP002
	Bomba balsa salinos	Bomba Tecnum: BVS KK 8,20 Motor ABB: 3G AA201111-BDB	30 kW 2900 rpm	Bomba 1	00GNK15 AP001
				Bomba 2	00GNK15 AP002
				Bomba 3	00GNK15 AP003
	Alimentación agua urbanización	Motor Lowara: LM132RB5/355	-	Bomba 1	00GHB82 AP001
				Bomba 2	00GHB82 AP002
				Bomba 3	00GHB82 AP003
				Bomba 4	00GHB82 AP004
	Presión agua servicios	Motor Lowara: LM132RB5/355	-	Bomba 1	00GHB04 AP001
Bomba 2				00GHB05 AP001	
Presión agua potable	Motor Lowara: LM132RB5/375	-	Bomba 1	00GKB02 AP001	
			Bomba 2	00GKB03 AP001	

ANEXO 02: CCC SAGUNTO DE GAS NATURAL FENOSA

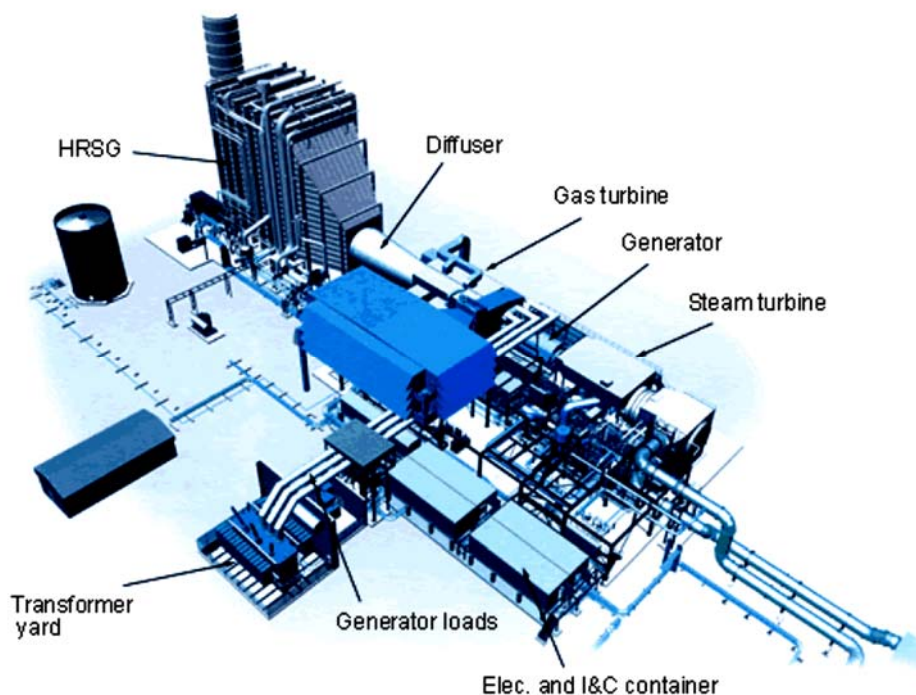
La central de ciclo combinado de Sagunto suministra energía eléctrica a la red, generada mediante la combustión de gas natural en el interior de una turbina de ciclo Brayton. Los gases de dicha combustión son temporalmente almacenados en la caldera de recuperación, donde intercambian calor con varios circuitos cerrados de agua. Dichos circuitos alimentan de vapor una turbina de ciclo Rankine, la cual es accionada por diferencia de presiones y temperaturas. Un condensador, debidamente refrigerado con agua del mar, se encarga de bajar la temperatura del vapor, para así cerrar el ciclo termodinámico.

A continuación se detallan los sistemas principales que conforman la CCC Sagunto.

1 ISLA DE POTENCIA

La isla de potencia se compone de los siguientes equipos principales:

- Turbina de Gas
- Turbina de Vapor
- Embrague síncrono automático (Synchronous-Self-Shifting)
- Caldera de Recuperación
- Alternador
- Transformador Principal
- Barras de Fase Aisladas
- Centros de Control de Potencia



A continuación se describe el uso y el funcionamiento de los sistemas que atañen a la memoria del programa de mantenimiento predictivo.

1.1 Turbina de gas

La Turbina de Gas instalada es una turbina SIEMENS modelo SGT5-4000F de carcasa única, montada en un solo eje y con una potencia nominal aproximada de 274 MW.

Dicha turbina está diseñada con una cámara de combustión anular con veinticuatro quemadores para combustible gaseoso que aseguran una temperatura uniforme del gas caliente en toda el área de los álabes de la turbina. Dichos quemadores poseen un sistema de control de NOx seco en operación con gas natural en rangos elevados de carga.

A la salida de la turbina, el difusor axial permite la salida de los gases hacia la caldera de recuperación, provenientes de la admisión desde el acoplamiento del alternador en el extremo del compresor.

1.1.1 Compresor

El compresor consta de 15 etapas y tiene un ratio de presión de 17. Es posible modificar la orientación de los álabes guía, con el fin de mantener la temperatura de los gases de escape constante, incluso en operación cerca de media carga y sin disminución apreciable de la eficiencia.

Para recuperar las pérdidas de rendimiento como consecuencia de posibles incrustaciones en los álabes, se deben realizar lavados periódicos del compresor. La frecuencia de los lavados viene determinada por la pérdida de rendimiento de la turbina de gas. El lavado del compresor puede efectuarse durante la operación de la turbina (a 100% de carga), pero se recomienda el lavado durante las paradas por resultar más efectivo. El procedimiento de lavado consiste en un período de enfriamiento, un lavado con un detergente y un limpiado únicamente con agua desmineralizada. El equipo de lavado tipo compresor está montado sobre una plataforma móvil.

1.1.2 Turbina

El gas caliente procedente de la cámara de combustión se expande en una turbina de cuatro etapas.

El sistema de álabes del rotor consiste en un perfil sustentador, un anillo protector interno y las raíces de álabes. Los álabes están alabeados desde la base a su extremo, en función del incremento de velocidad periférica. Los álabes disponen de una base cónica ranurada con dos o tres hendiduras. Están insertados en las ranuras coincidentes de los discos del rotor y fijados en dirección axial mediante clavijas.

Las cuatro filas fijas de álabes y las tres primeras filas de álabes del rotor están refrigerados por aire. El aire de refrigeración de la turbina se extrae de las etapas apropiadas del compresor. La refrigeración de los álabes se realiza mediante las técnicas más apropiadas en cada caso, dependiendo de la etapa de la turbina.

1.1.3 *Carcasa*

La carcasa frontal del cojinete, como parte integrante de la carcasa de la toma de aire del compresor contiene el cojinete combinado radial / axial. La carcasa de la turbina consiste en una virola exterior y una carcasa interior que contiene el cojinete radial y sirve de soporte a los álabes. Toda la carcasa está provista de una combinación de aislamiento térmico y acústico. Las divisiones horizontales facilitan el mantenimiento.

1.1.4 *Rotor*

El rotor une las secciones del compresor y la turbina en un único eje soportado por cojinetes en ambos extremos. El rotor está constituido por discos individuales en las partes anterior, central y posterior de su eje hueco. El eje y los discos se unen entre sí mediante un perno central. Todos los álabes del rotor del compresor y la turbina pueden ser desmontados y reemplazados sin que el rotor tenga que ser levantado de nuevo.

1.1.5 *Sistema de drenaje*

La solución de limpieza del proceso de lavado del compresor se podría acumular en varios puntos de la turbina de gas. Por este motivo, se incorporan líneas de drenaje en la turbina, con el fin de desalojar estos drenajes hasta el colector principal.

1.1.6 *Sistema de refrigeración de la turbina*

El sistema de aire de refrigeración de la turbina enfría el rotor y los álabes de la misma sin emplear ningún sistema de refrigeración externo. Los álabes de la turbina deben ser refrigerados para evitar que los materiales de la turbina alcancen temperaturas que sobrepasen los límites permitidos. La refrigeración de las partes del recorrido del gas caliente mejora la fiabilidad del servicio, protege los componentes del sobrecalentamiento e incrementa su resistencia a la corrosión por altas temperaturas.

Rodeando al rotor de aire frío, se previene el estrés térmico que podría deformar el rotor como consecuencia de bruscos cambios de carga o rápidos arranques. Rodeando al rotor de aire proveniente del compresor, se aumenta la temperatura de los discos de la turbina tras un arranque en frío.

Esto reduce el estrés térmico en los discos y reduce el tiempo requerido para alcanzar el régimen permanente.

El rotor, está soportado únicamente por dos cojinetes localizados fuera de la región presurizada, uno a la entrada del compresor y el otro a la salida de la turbina. El rotor posee un diseño basado en discos para soporte de los álabes con ranuras superficiales de autocentrado y acoplados mediante un único perno central. Las características de resistencia térmica de diseño del rotor permiten un arranque rápido y gran flexibilidad de carga.

1.1.7 Virador

El motor hidráulico se encuentra embridado al extremo del alternador.

Tiene la función de hacer girar el rotor de la turbina tras la parada, previniendo, con ello, enfriamientos no uniformes con la consiguiente deformación del eje. Su uso también se justifica debido a que se requiere una velocidad mínima de rotación para conseguir el aporte de aceite necesario en los cojinetes para evitar la fricción semifluida y conseguir, por tanto, un estado de lubricación hidrodinámica óptima.

El motor hidráulico del sistema de virador opera con aceite de lubricación suministrado por la bomba de aceite de levantamiento del eje.

1.2 Caldera de recuperación de calor

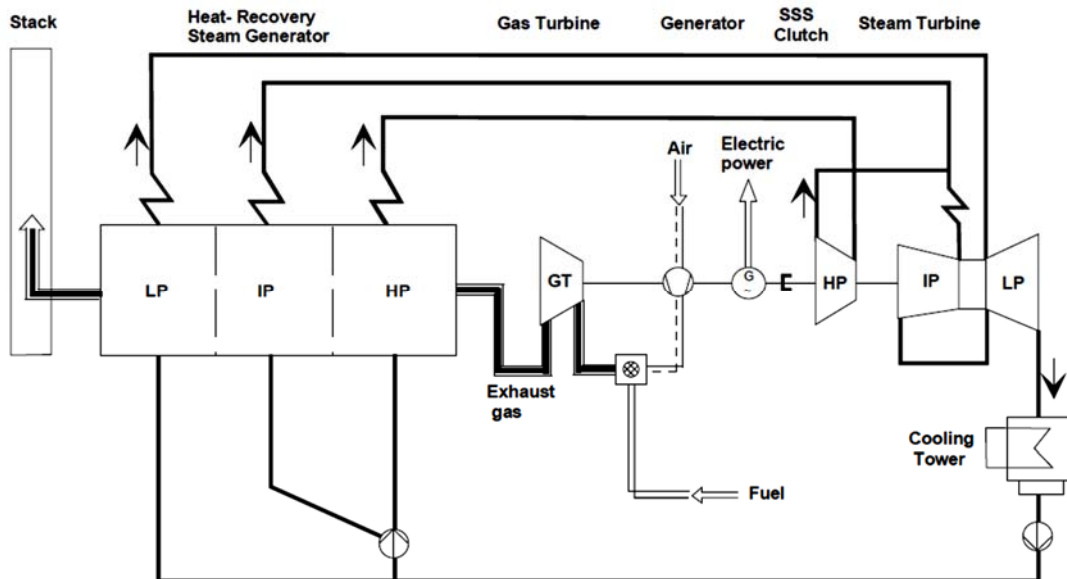
La caldera de recuperación consiste en un generador de vapor, de circulación natural, con calderín de evaporación en cada etapa de generación de vapor de alta, media y baja presión. Los gases de combustión circularán horizontalmente por la caldera hasta alcanzar la chimenea ubicada en el otro extremo. La carcasa de la caldera está compuesta por láminas de acero que le confieren una adecuada fiabilidad dadas las temperaturas de los gases de escape. Las superficies calefactoras están formadas por tubos aleteados sujetos convenientemente a la estructura de soporte de la caldera, para permitir dilataciones y contracciones controladas durante la puesta en funcionamiento y parada del sistema.

En función del modo de operación de la Central, se ajustan el caudal de salida de los gases de escape y/o la temperatura de los mismos, de modo que las tensiones y presiones sobre los componentes se mantengan dentro de los límites permitidos.

Para el arranque de la central será necesario llenar el circuito de agua de cada etapa de presión hasta que el nivel de agua en los depósitos de los calderines se corresponda al mínimo necesario para el arranque. Se utilizarán controles de nivel que impedirán que se sobrepasen estos límites.

De igual modo, es necesaria la extracción del aire de todos los circuitos de caldera para evitar la formación de burbujas de aire que reduzcan la calidad del vapor generado.

1.2.1 Ciclo agua vapor



1.2.1.1. Sistemas de alta y media presión

Los sistemas de Alta y Media Presión de la caldera comprenden los sobrecalentadores, recalentador, economizadores y evaporadores de alta y media presión, los soportes asociados, aislamiento, carcasas, válvulas y equipamiento.

El sistema está diseñado para recibir agua a unas condiciones de entrada determinadas y entregar vapor sobrecalentado a las condiciones de suministro.

Las bombas de alta y media presión suministran agua de alimentación a los economizadores, que disponen de una válvula HP de control de flujo a la entrada y de otra válvula IP de control de flujo a la salida. En los economizadores, el agua fluye a contra flujo.

El agua calentada proveniente de los economizadores es posteriormente conducida hacia los calderines de vapor a través del conducto de subida del economizador.

La circulación dentro de los haces de tubos de los evaporadores se realiza por circulación natural. La mezcla agua/vapor resultante de los evaporadores se conduce hacia los calderines de vapor a través de un conducto de subida dispuesto uniformemente a lo largo del calderín.

En el calderín se lleva a cabo la separación del vapor seco saturado y el agua. Una vez separados, el agua es retornada a los depósitos del calderín, mientras que el vapor saturado es conducido al sobrecalentador. En el sobrecalentador, el vapor circula a contraflujo.

El vapor sobrecalentado de alta presión es directamente conducido a la turbina de vapor, mientras que el vapor frío recalentado de media presión se conduce a un colector donde se expande y se mezcla con el vapor de alta presión procedente de la turbina. La mezcla resultante de media presión se conduce al recalentador donde se recalienta y se lleva hacia la turbina de vapor.

1.2.1.2. Sistema de baja presión

La disposición del sistema de baja presión es básicamente la misma que para el sistema de alta y media presión. El sistema de baja presión comprende el sobrecalentador, el evaporador y el precalentador de condensado que reemplaza la función del economizador.

El agua a baja presión pasa por el precalentador de condensado y es conducida directamente al calderín. El vapor de baja presión generado, a diferencia del sistema anterior, no es recalentado.

1.2.1.3. Sistema de recalentamiento de vapor

El sistema de tuberías de recalentamiento conduce el vapor de escape del cuerpo de alta presión (HP) de la turbina de vapor a los dos recalentadores de la caldera de recuperación. Una vez recalentado, el vapor alimenta al cuerpo de media presión (IP) de la turbina de vapor.

El vapor frío se mezcla con el vapor proveniente del sobrecalentador de media presión antes de llegar a los recalentadores. Cuando la estación de bypass HP se encuentra en operación, el vapor HP es conducido mediante el sistema de tuberías de recalentamiento a los recalentadores.

1.2.2 Sistema de agua de alimentación

Este sistema posee varias funciones, aunque su utilidad principal consiste en suministrar agua de alimentación del precalentador del condensado a las secciones de media y alta presión de la caldera de recuperación. El sistema suministra agua de inyección a la estación reductora de alta presión y para el spray para la regulación de la temperatura en el vapor principal del cuerpo de alta presión y en las tuberías de vapor recalentado. También se emplea para la recirculación del agua de alimentación al sistema de precalentamiento del condensado para controlar la temperatura de entrada del condensado precalentado.

El agua de alimentación se conduce desde el colector común aguas abajo del precalentador de condensado a las bombas de alimentación.

Las bombas de agua de alimentación son de varias etapas, desde cada una de las cuales se alimentan las líneas de descarga que se unen a un colector común para suministrar agua de alimentación a las secciones de alta y media presión de forma independiente. Un punto de toma tras la primera etapa de la bomba se emplea para recircular agua de alimentación a baja presión mediante un colector común al sistema de precalentamiento del condensado (CPH).

1.2.3 Sistema de desaireación

El objetivo del sistema es eliminar los gases no condensables como el CO₂ y el oxígeno del condensado durante el arranque y la operación normal de la planta, si es necesario, en casos excepcionales.

Durante el llenado de la caldera y el arranque de la planta, el desgasificador se pondrá en servicio para eliminar los gases no condensables en el ciclo agua-vapor y reducir el tiempo necesario para

alcanzar la calidad del vapor requerida para el arranque de la turbina de vapor. Durante la operación normal de la planta, el condensado se desgasifica en el condensador. El incremento del nivel de oxígeno en el agua de alimentación o bien un aumento en la conductividad catiónica del condensado indican la necesidad de una desgasificación adicional del agua de alimentación o del vapor, que podría llevarse a cabo en el desgasificador localizado aguas abajo del precalentador del condensado.

La desgasificación tiene lugar, por tanto, mediante la conducción del condensado hasta el desgasificador y el calentamiento hasta su temperatura de saturación con vapor auxiliar.

Durante la operación normal de la planta, el desgasificador no se encuentra en servicio. Por lo tanto, el condensado abandona el precalentador con una temperatura 2°C inferior a la temperatura de saturación del calderín de baja presión. Si la necesidad de desaireación se debe a un incremento a la conductividad en el condensado, la temperatura del mismo a la salida del precalentador se reduce unos 8°C por debajo de la temperatura de saturación en el desgasificador mediante el control de temperatura del precalentador. Esta diferencia de temperatura asegura el óptimo proceso de desaireación.

1.2.4 Drenajes y purgas

Todos los drenajes y purgas se conducen de forma independiente a una estación central. Para evitar la transferencia de impurezas y elevadas concentraciones de minerales en etapas de menor presión, no se dispondrá de líneas de descarga a otras etapas de presión, sino que se realizará a balsas donde se tratarán como residuos hasta conseguir bajas concentraciones y poder así descargarlos en las torres de refrigeración.

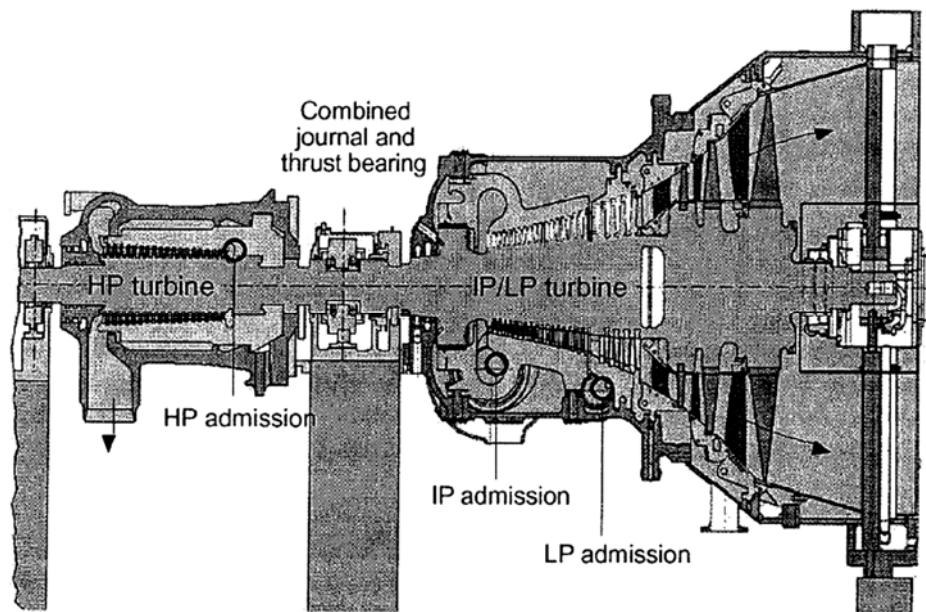
1.2.5 Válvula by-pass de alta presión

En el caso de reducciones o bajadas de carga repentinas en la turbina de vapor, la estación de by-pass recoge el vapor liberado por la caldera y, después de su enfriamiento, lo desvía hacia el sistema de recalentamiento de la caldera. Mediante dicho enfriamiento se evitan la formación de gradientes de presión que pudieran iniciar una respuesta de la válvula de seguridad.

Las válvulas de by-pass se utilizarán como estaciones de arranque y mantendrán la presión del vapor de alta presión en el valor de consigna hasta que la turbina haya asumido el control completo.

La estación reductora de alta presión está equipada con un actuador hidráulico.

1.3 Turbina de vapor



El conjunto turbina de vapor proyectado consiste en un cuerpo HP de cuerpo cilíndrico y un cuerpo IP/LP de flujo inverso de salida axial al condensador. El alternador está situado entre la turbina de gas y la turbina de vapor. Un embrague sincrónico en el extremo anterior de la turbina de vapor transmite el momento al eje del alternador. El diseño de la turbina consiste en una composición en serie. Los ejes individuales de los cilindros están rígidamente acoplados.

1.3.1 Cuerpo de alta presión (HP)

El diseño cilíndrico de la carcasa exterior permite mantener la casi total simetría rotacional y evita la formación de asimetrías y el estrés térmico, incluso con valores elevados de temperatura y presión del vapor.

La turbina se apoya en los cojinetes a la altura del eje. El desplazamiento de la carcasa en dirección axial es el resultado de la expansión térmica originada en los soportes del apoyo posterior del cojinete.

La alineación de la carcasa se consigue mediante piezas de anclaje. Para minimizar las fuerzas de fricción, se emplea un material antifricción en la construcción de las piezas de fijación entre el soporte fijo del cojinete y las cartelas de la carcasa.

La alimentación de vapor al cuerpo de alta presión (HP) de la turbina se realiza a través de una válvula combinada de control y cierre, lateralmente alocada. Una boquilla de admisión a modo de difusor dirige el vapor desde la válvula de control al interior del cuerpo HP de la turbina.

En el escape se dispone de una línea de salida en la parte inferior de la turbina. Esta línea está conectada con el sistema de tuberías de recalentamiento mediante una conexión soldada.

1.3.2 *Cuerpo de media (IP) y baja presión (LP)*

La carcasa exterior consiste en una envolvente de admisión y otra de escape, ambas de fundición, conectadas por una junta vertical embridada. Ambas secciones están divididas horizontalmente. Los esfuerzos resultantes de las presiones diferenciales del vapor y las cargas térmicas son absorbidas por los pernos de la junta de la carcasa.

El vapor entra al frente de la carcasa y atraviesa los álabes IP/LP en dirección del soporte de cojinete final. La entrada de vapor de baja presión se encuentra en el centro de la carcasa. Este vapor adicional esta introducido directamente en la etapa de LP de la turbina.

El vapor que abandona el interior de la turbina, circula a través de un difusor axial, en dirección al condensador. Además, la disposición axial del condensador con tuberías transversales al eje de la turbina minimiza las pérdidas de presión entre los álabes y la batería de tuberías.

1.3.3 *Virador del eje*

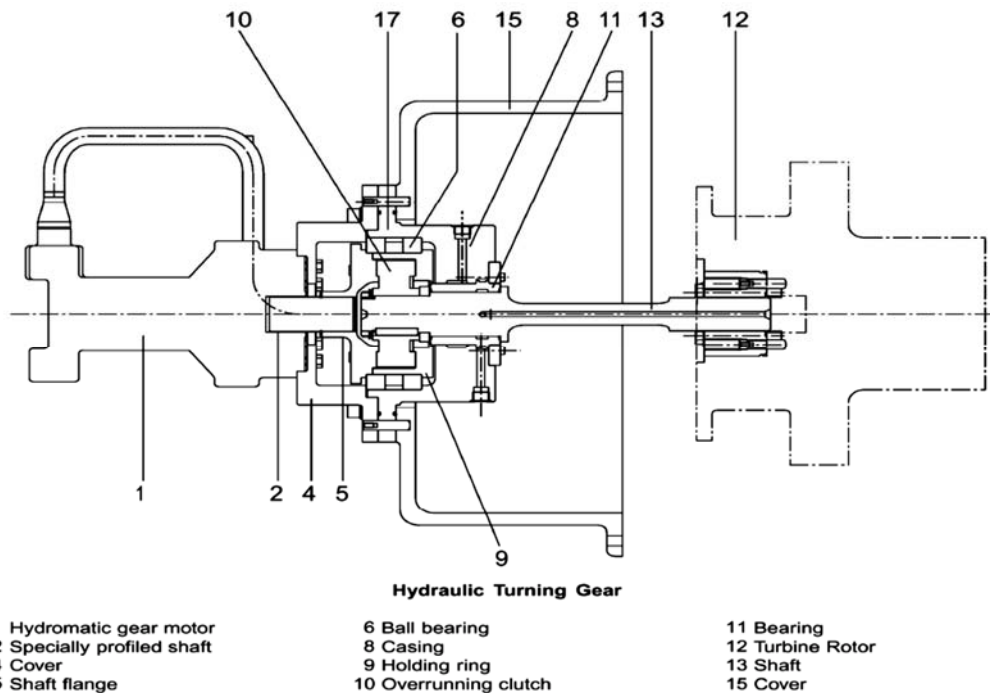
El virador del eje consiste esencialmente en un motor hidráulico con engranaje reductor, un embrague de marcha libre y los cojinetes y elementos de sujeción necesarios. Está instalado en el extremo libre del eje de la turbina IP/LP.

El motor hidráulico de engranaje reductor se une al soporte del cojinete mediante su placa de cierre y envuelta.

Para el suministro de aceite, el virador del eje se conecta al sistema de levantamiento del eje, lo que supone que el virador inicia su movimiento hasta que el sistema de levantamiento del eje se pone en operación. Se emplea una válvula de regulación en la alimentación del motor hidráulico para conseguir variaciones de velocidad.

Mediante el cierre de la válvula de admisión, es posible aislar el virador del eje del sistema de levantamiento del eje durante los ajustes de los cojinetes. El virador del eje dispone, también, de una válvula de actuación eléctrica, que forma parte de los sistemas automáticos del alternador de la turbina.

Con el fin de prevenir la corrosión de los cojinetes durante la operación normal de la turbina, se suministra un pequeño flujo de aceite de lubricación al motor hidráulico, provocando el giro lento del motor.



1.3.4 Sistema de válvulas de vapor de actuación electro hidráulica

Las válvulas principales de cierre de vapor y vapor recalentado son válvulas de aislamiento montadas en las líneas principales de vapor y vapor recalentado de la turbina. Están actuadas por dispositivos de protección para la interrupción del flujo de vapor. Por este motivo, están diseñadas para proporcionar tiempos de cierre mínimos con la máxima fiabilidad posible. A contrario, las válvulas de control ajustan el flujo de vapor para alcanzar las condiciones de carga. La válvula de control y la válvula de cierre están combinada en un mismo cuerpo.

La unidad de suministro de fluido a alta presión se encuentra situada en una cabina de acero protegida contra salpicaduras. En ella se dispone de dos bombas, una en funcionamiento y la otra de reserva. La descarga de la bomba está controlada mediante un sistema de presión. La operación continua de la bomba asegura una larga vida de la misma y evita sacudidas de presión. Así mismo, se dispone de dos refrigeradores para la disipación de calor del sistema.

1.3.5 Drenajes y purga (drenajes limpios)

El sistema de drenajes limpios es utilizado para la recolección de vapor y drenajes líquidos del ciclo agua-vapor y del sistema de vapor auxiliar, en el área del edificio de turbinas.

Los drenajes y el vapor generados durante el arranque, durante los procesos de calentamiento, o durante el funcionamiento normal del ciclo agua / vapor, sometidos a una presión superior a la atmosférica, son conducidos a través de tuberías hasta el depósito de drenajes limpios, donde éstos se expanden. El vapor resultante se lanza a la atmósfera.

Toda el agua generada se recoge en el depósito de drenajes limpios y desde éste se descarga mediante dos bombas a las balsas de los torres de refrigeración. El depósito de recolección de drenajes limpios está diseñado como recipiente de presión cilíndrico, dispuesto verticalmente, y autoportante, equipado con venteos, silenciador y dos entradas, una para los drenajes de HP, y la otra para los drenajes de los sistemas LP y auxiliar.

1.4 Condensador

Su función es condensar el vapor de salida del cuerpo de baja presión de la turbina y producir y mantener las máximas condiciones de vacío que sea posible para incrementar el salto térmico mejorando, con ello, la eficiencia de la turbina. El condensador está directamente acoplado a la turbina de baja de flujo único, con lo que el cuerpo de baja presión y el condensador forman una unidad.

1.4.1 *Circuito de refrigeración principal (cuerpo del condensador)*

La dirección de circulación del agua es ortogonal al eje de la turbina y en dos sentidos, que permiten la salida y entrada del agua (por las cajas de agua). Las tuberías del condensador, en las que se produce la condensación del vapor de escape de la turbina consisten en tuberías rectas con superficies suaves, que discurren perpendicularmente al eje de la turbina en el recinto de vapor.

Las tuberías del condensador descansan sobre placas de soporte a intervalos regulares en toda su longitud. Estas placas en el recinto de vapor restringen las vibraciones de las tuberías cuando el condensador está en funcionamiento. Las placas de tubos en los extremos de entrada y salida del agua de circulación sirven de separación entre el recinto del vapor y el agua de refrigeración. Ambos extremos de los tubos poseen juntas de dilatación y soldaduras en el interior de las placas, que están convenientemente selladas para asegurar la hermeticidad de ambos circuitos.

En el lado del agua de refrigeración, las cajas de agua disponen de un revestimiento protector para evitar la corrosión del acero, ya que el agua de circulación es salina.

Mediante el diseño apropiado y las medidas para garantizar la calidad de los materiales, una adecuada operación, la continua monitorización y la utilización de equipos auxiliares, en conjunto, aseguran que las tuberías permanezcan en perfecto estado y, por consiguiente, la elevada fiabilidad y eficiencia del condensador.

1.4.2 *Extracción de aire del circuito de condensado*

Durante la operación de la turbina, el recinto de vapor del condensador y los canales de salida del vapor a él conectados se encuentran bajo presiones de vapor considerablemente inferiores a la atmosférica. A pesar del alto grado de estanqueidad de las unidades actuales, es imposible eliminar por completo la posibilidad de entrada de aire, dadas sus dimensiones. El vapor de escape, por sí mismo, también provoca la entrada de pequeñas cantidades de aire y de otros gases. Estos gases

no son condensables por lo que, a su paso a través de las tuberías del condensador, son conducidos hacia el sistema de aire y extraídos del condensador mediante las bombas de vacío.

La extracción tiene lugar de forma continua durante la operación del condensador, con objeto de mantener la presión absoluta en el condensador en el nivel solicitado por las condiciones termodinámicas.

Cada haz de tubos del condensador dispone de su propia extracción de gas. Los gases, combinados con vapor de agua residual, entran en los haces de tuberías de refrigeración de aire, que actúan como zona de descarga. Cuando la mezcla vapor/gas circula por el interior de los citados haces, su temperatura disminuye como resultado de la condensación de la porción de vapor, aumentando la presión parcial del gas y disminuyendo, con ello, el volumen a extraer. Esto reduce el esfuerzo necesario para la extracción de los gases. Los gases y algún vapor de agua residual se comprimen, entonces, hasta la presión atmosférica mediante las bombas de vacío y son extraídos del ciclo agua/vapor.

Se instalan dos bombas de agua (unidades ELMO) con este propósito, una para funcionamiento normal y la otra de reserva. Durante el arranque, ambas unidades entran en operación para reducir el tiempo de evacuación.

1.4.3 Extracción de condensado

Se disponen dos bombas de extracción del condensado accionadas por motor eléctrico. Una bomba da servicio al sistema de agua de alimentación, mientras que la otra se encuentra en reserva y entraría en servicio en caso de fallo repentino de la bomba en funcionamiento. Dichas bombas están diseñadas para operar bajo cualquier condición de carga.

2 ACCESORIOS TURBINAS

En este apartado se definen todos aquellos componentes o sistemas que son usados por las turbinas durante su funcionamiento normal, pero no forman parte del cuerpo principal.

2.1 Sistemas de lubricación principal y levantamiento

Durante la operación del conjunto alternador-turbina de vapor, una de las dos bombas principales de aceite de accionamiento eléctrico suministra el volumen requerido de aceite a los cojinetes. Este aceite se alimenta directamente desde el tanque principal.

El aceite se filtra a través de un sistema apropiado de doble filtraje, se refrigera y se suministra de forma individual a los cojinetes mediante un dispositivo de restricción de flujo, que fija el volumen de aceite requerido.

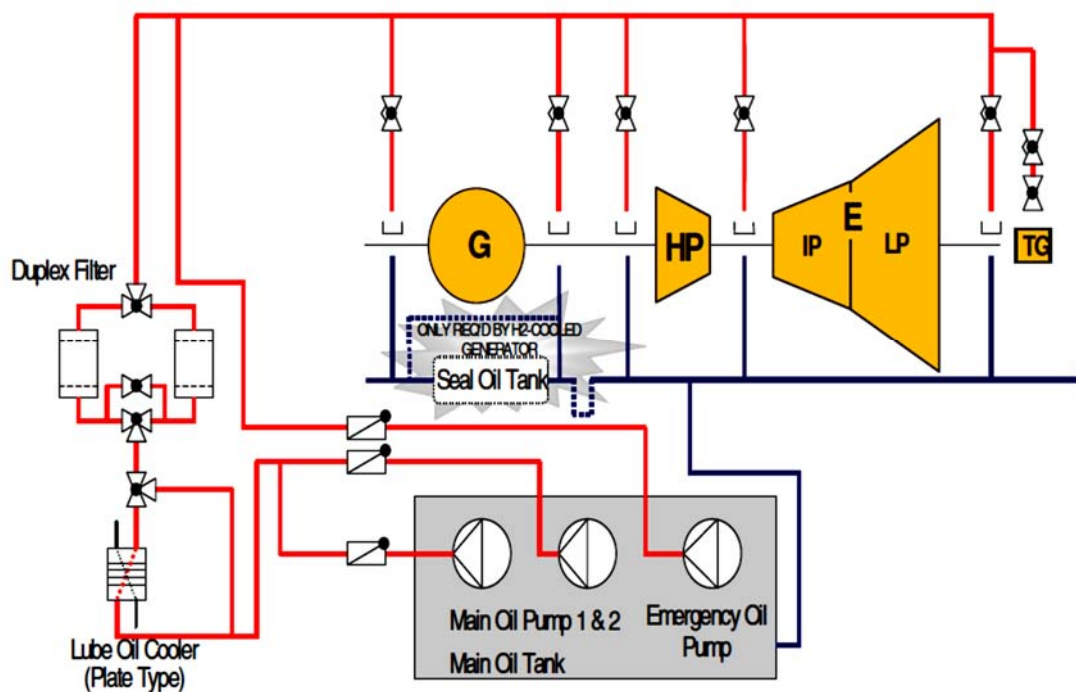


Ilustración 1. Sistema de lubricación en turbina de vapor

Durante los arranques y paradas, una de las bombas principales de aceite de actuación eléctrica suministra aceite de lubricación a los cojinetes del conjunto turbina de vapor, pero se dispone de un sistema de alimentación de aceite para el sistema de levantamiento del eje, que a su vez abastece de aceite al virador hidráulico.

Este sistema de elevación del eje, envía un pequeño caudal de aceite a alta presión a los cojinetes del rotor para su levantamiento, con el fin de prevenir contacto metal con metal a bajas velocidades.

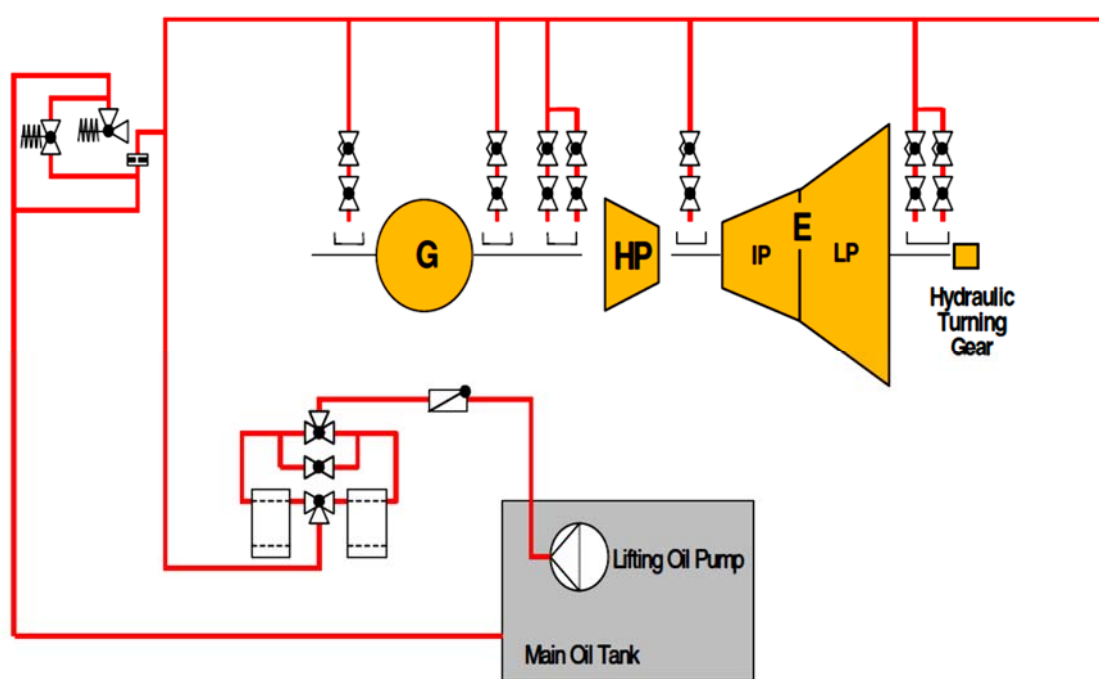


Ilustración 2. Sistema de aceite de elevación en turbina de vapor

2.2 Acondicionamiento del lubricante

El calor transmitido al aceite de lubricación de los cojinetes se disipa mediante un sistema de refrigeración dispuesto para tal efecto.

2.3 Extracción de vahos de aceite

Se efectúa una extracción en todos los espacios sobre el nivel de aceite en los que se pueda formar vapor de aceite (el tanque de aceite, la línea de retorno y los soportes de los cojinetes), mediante un ventilador común. Este ventilador produce una presión negativa, de entre 0,5 y 1,0 mbar aproximadamente por debajo de la presión atmosférica.

Se instala un separador de aceite en el lado de aspiración del ventilador, descargándose el aire a la atmósfera. Los cojinetes del alternador refrigerado por hidrógeno, disponen de una extracción de vapor separada.

2.4 Sistema de vapor de sellos

La función de este sistema consiste en el sellado del eje con vapor con objeto de prevenir la entrada de aire en las turbinas o el condensador, independientemente de las condiciones de operación.

Para ello, se dispone de un colector de vapor de sellado conectado a los sellados del eje de los cuerpos de alta, media y de baja presión. La presión en las líneas de vapor de sellado y, por consiguiente, del sellado del eje, se controla gracias a una extracción de vapor mediante una válvula de control de pérdidas o mediante el suministro de vapor adicional a través a una válvula de

suministro de vapor de sellado, según sea más apropiado teniendo en cuenta las condiciones de operación. La presión se mantiene durante este proceso a 35 mbar próximamente.

2.5 Sistema de limpieza de las tuberías del condensador (PAH)

El condensador de la turbina se enfría mediante agua de circulación la cual pasa por tuberías. Esta superficie interior de la tubería debe ser mantenida limpia para conseguir una transferencia de calor estable y para prevenir corrosión.

Las impurezas que pueden formar depósitos en las tuberías del condensador se evacuan mediante el sistema de limpieza de las tuberías del condensador (PAH). Este sistema de limpieza de tubería consiste en una sección de recolección de bolas de hule, una unidad de recirculación de bolas, un inyector de bolas y un panel de control.

Las bolas de hule tienen un diámetro un poco más grande del diámetro interior de tuberías y son inyectadas en el agua de circulación aguas arriba del condensador, por tanto, son forzadas a pasar a través de las tuberías de refrigeración del condensador.

Una sección de colección de bolas, aguas abajo del condensador, es la encargada de extraer las bolas del agua de circulación. Una bomba de reciclado devuelve las bolas de hule al sistema de agua de circulación aguas arriba del condensador. Este tipo de bomba está especialmente diseñada para la circulación de las bolas de hule sin ocasionar daños a estas. Todo este proceso se controla mediante un panel de control local.

2.6 Sistema de vapor auxiliar (caldera auxiliar)

La caldera auxiliar tiene la función principal de suministrar vapor auxiliar para el arranque de la Central y, en segundo término, suministrar calor a otros sistemas de la Planta. Su funcionamiento será común para los tres grupos de la Central.

La caldera, de tipo pirotubular, está formada por una cámara de combustión de flujo indirecto y de diseño compacto. El combustible que utiliza es el propio gas natural.

Los gases de combustión transfieren su calor al agua de la caldera a través de los tubos dispuestos dentro del colector de aguas. Posteriormente, estos gases se descargan a la atmósfera mediante una chimenea.

El agua de alimentación de la caldera será previamente desmineralizada y desgasificada. Un tanque de agua de alimentación y un sistema de dosificación química alimentan y controlan el ciclo auxiliar. Dos bombas de agua de alimentación redundantes impulsan el agua hacia la caldera.

2.7 Sistema de refrigeración de servicios

En la planta, existen varios sistemas que poseen su propio equipo de extracción de calor para su correcto funcionamiento. Algunos de ellos, debido a su configuración, requieren de una refrigeración líquida forzada. Es por ello que surge la necesidad de un sistema centralizado de refrigeración de los sistemas de servicios.

El agua de refrigeración se distribuye a los siguientes consumos:

- Enfriador de la bomba del desgasificador (LAA)
- Enfriadores de la bomba de agua de alimentación de alta y media presión (LAC)
- Enfriadores de la bomba de extracción de condensado (LCB)
- Enfriadores de la bomba de evacuación (MAJ)
- Enfriadores del aceite de lubricación (MAV)
- Condensador de vapor de sellado (MAW)
- Refrigeradores del alternador (MKA)
- Enfriadores del aceite de sellado (MKW)
- Enfriadores del aceite de sellado del alternador (MKW)
- Enfriador de la toma de muestras (QU)

2.7.1 Circuito de agua de refrigeración (PCB)

El objetivo del sistema de tuberías de agua de refrigeración de servicios es absorber el calor del circuito cerrado de agua de refrigeración (PGB), que refrigera los componentes auxiliares de la Turbina de Gas, la Turbina de vapor y el ciclo agua-vapor mediante intercambiadores de calor.

El sistema de tuberías de agua de refrigeración de servicio abastece a los intercambiadores de calor con agua de refrigeración principal. Esta agua se toma de las tuberías de agua de circulación que llegan al condensador (agua salina).

El agua de refrigeración de servicios es bombeada por una bomba tipo *booster* a través de un filtro (con capacidad de limpieza automática) para prevenir posibles daños en los intercambiadores de calor como consecuencia de la formación de depósitos durante una larga operación.

2.7.2 Sistema cerrado de agua de refrigeración (PGB)

El objeto de este sistema es el abastecimiento de agua de refrigeración a todos los consumos de la planta. Se dispone de dos intercambiadores de calor paralelos. Uno de los dos intercambiadores de calor constituye un componente de reserva, el cual entra en funcionamiento si la presión diferencial en el intercambiador de calor en funcionamiento sobrepasa un cierto valor.

El agua del circuito cerrado de refrigeración es bombeada por una de las dos bombas, a través del colector a los intercambiadores de calor, mientras que la segunda bomba es de reserva.

2.8 Sistema de tratamiento químico de agua de caldera

Con objeto de proteger todos los componentes del ciclo agua-vapor y los sistemas de refrigeración contra la corrosión y la deposición, sin detrimento de la eficiencia de la planta, es fundamental controlar que la composición química del agua permanezca dentro de los valores recomendados. Los procedimientos para el tratamiento químico de los sistemas están basado en pautas estándar para la operación de plantas de generación.

El ciclo agua vapor deberá ser operado mediante el tratamiento AVT (All Volatile Treatment) mediante la dosificación de amoníaco, como agente volátil alcalinizante en el sistema de condensado e hidracina como captador de oxígeno (únicamente durante las operaciones arranque y parada y en caso de mal funcionamiento de los sistemas).

La dosificación de fosfato trisódico (Na_3PO_4) en el agua de la caldera, se deberá realizar únicamente en casos de mal funcionamiento (por ejemplo, el incremento de la conductividad). Durante la operación normal, el equipo de dosificación de fosfato se encontrará en reposo.

Cada uno de los sistemas de dosificación posee un tanque de almacenaje químico y una bomba redundante para la inyección del agente químico en el circuito principal del grupo.

2.9 Sistema de alimentación de gas a la turbina

Para aumentar la eficiencia del ciclo global, tras el contador de consumo de gas, se dispone de un precalentador de gas combustible consistente en dos intercambiadores de calor instalados en serie del tipo camisa y tubos. El agua caliente se tomará del proceso de ciclo combinado. Mediante una bomba de recirculación instalada en el módulo del precalentador se puede variar el modo de operación.

3 SISTEMAS AUXILIARES DE PLANTA

Se tratan de sistemas que son indispensables para el funcionamiento de la planta, pero no interfieren directamente en el ciclo de las turbinas de gas o vapor.

3.1 Estación de regulación y medida de gas (ERM)

Se dispone de un sistema de medida del consumo real de gas a la entrada de la planta, en un edificio situado en el exterior del edificio de la turbina. Dicha medición debe realizarse en unas condiciones de presión y temperatura concreta, que difieren de las condiciones de suministro. Por tanto, es necesario la reducción de la presión del gas (expansión), asociado a una absorción de calor. Es por ello que se dispone de una caldera auxiliar con un circuito cerrado de agua para el calentamiento del gas, aguas arriba del punto de expansión del gas.

Para la medición del caudal real se utilizará un caudalímetro de turbina, con un grado de precisión superior al 0,5%, que lleva asociado un computador encargado de corregir el valor para condiciones estándar de temperatura y presión. El valor resultante es transmitido continuamente a la sala de control.

3.2 Captación

Se trata del sistema principal de alimentación de agua. Mediante vasos comunicantes, se alimentan unas balsas de nivel en el interior de la planta. Estas balsas cuentan con sistemas de filtrado de sólidos grandes y bombas que alimentan la planta con el caudal de agua necesario.

Desde aquí se alimentan directamente las balsas de las torres de refrigeración, la planta de tratamiento de aguas y la planta de electrocloración.

3.3 Electrocloración

En esta planta se trata el agua salina de las torres de refrigeración. Mediante varias etapas de electrolizadores y una solución de hipoclorito, se consigue controlar la concentración de sólidos en suspensión del agua de las torres de refrigeración. Una vez superado el nivel admisible de concentración, el agua se renueva con agua salina nueva, desde el sistema de captación.

El sistema posee un depósito en el que se diluye el hipoclorito con agua de servicios, hasta una concentración deseada. Este depósito está aireado continuamente con dos ventiladores. En el momento en el que se desea el vertido de dicha dilución, se ponen en funcionamiento dos bombas de dosificación que conduce el hipoclorito hasta las torres de refrigeración.

3.4 Planta de tratamiento de agua (PTA)

Para un funcionamiento óptimo del ciclo, se necesita agua con unas determinadas características físicas y químicas. En esta planta se trata el agua mediante un ciclo de osmosis inversa, para así

poder conseguir agua desmineralizada, posteriormente usada en el ciclo, o por los servicios generales de la planta.

El agua proveniente del depósito de agua filtrada es presurizada por las bombas de alimentación de 1ª etapa de osmosis. El agua se filtra inicialmente y pasa a las bombas de alta presión de 1ª etapa, dispuestas en tres grupos de 4 bombas por grupo y una bomba booster por grupo. Es entonces cuando el agua se filtra en los cartuchos de osmosis y se almacena en los depósitos de agua potable desalada.

En la 2ª etapa de osmosis, el agua desalada es alimentada por tres bobas de alimentación y se hace pasar por los tubos de filtración de 2ª etapa de osmosis. Una vez filtrada, el agua se almacena en el depósito de agua osmotizada. Se disponen de tres bombas para suministrar esta agua desmineralizada al ciclo.

3.5 Balsas y vertidos

Se dispone de una balsa de oleosos donde se almacenan los posibles vertidos provenientes de las zonas de los transformadores y de las chimeneas de los grupos. Esta balsa posee un sistema de separación de grasas para tratar dichos vertidos.

La balsa de efluentes o neutralización recibe los vertidos de todos los sistemas de drenajes de químicos y de separador de oleosos. La balsa dispone de dos bombas para la extracción del efluente hacia el punto de control de vertido químico.

La balsa de salinos recibe agua de los filtros de osmosis, tanto de la 1ª etapa como de la 2ª. Dispone de tres bombas para la extracción del agua y envío a la arqueta de control de vertido final.

3.6 Protección contra incendios

Las medidas de protección contra incendios sirven para proteger al personal de operación de la planta y para reducir o minimizar el potencial de daños por el fuego. Dichas medidas tienen en cuenta, en particular los materiales combustibles siguientes:

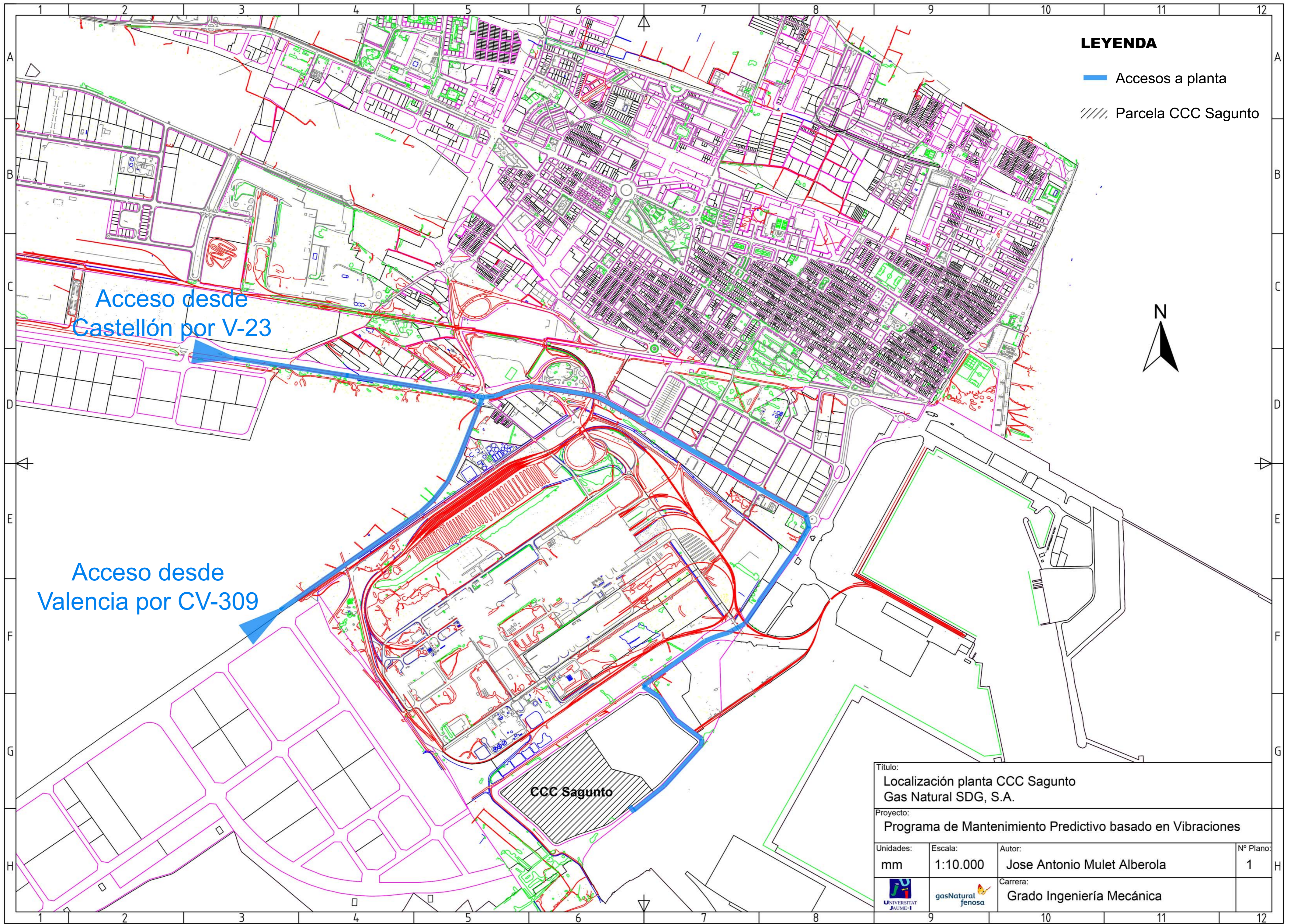
- El combustible empleado en la planta; es decir, gas natural.
- Aceite lubricante y aceite de sellado
- Materiales empleados para equipos eléctricos: principalmente materiales de revestimiento de cables y aislamiento en armarios de maniobra y de sistemas electrónicos.
- Hidrógeno en la zona del generador.

Para asegurar que los incendios sean detectados en una fase temprana, las áreas peligrosas se vigilan con detectores automáticos. Para la extinción de fuego en caso de incendio se disponen de tres bombas de alimentación al circuito de agua presurizada: una bomba eléctrica, una bomba jockey y una bomba diésel de funcionamiento completamente autónomo.

Planos

ÍNDICE DE PLANOS

LOCALIZACIÓN	1
PLANTA GENERAL CCC SAGUNTO	2
EDIFICIO DE CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR	3
EDIFICIO DE TURBINAS (cota 0m)	4
EDIFICIO DE TURBINAS (cota 4.5m)	5
PLANTA GENERAL CCC SAGUNTO con ruta	6
EDIFICIO DE CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR con ruta	7
EDIFICIO DE TURBINAS con ruta (cota 0m)	8
EDIFICIO DE TURBINAS con ruta (cota 4.5m)	9
TORRES DE REFRIGERACIÓN (ventiladores)	10
REDUCTORAS	11
SECCIÓN REDUCTORA	12



LEYENDA

- Accesos a planta
- ▨ Parcela CCC Sagunto

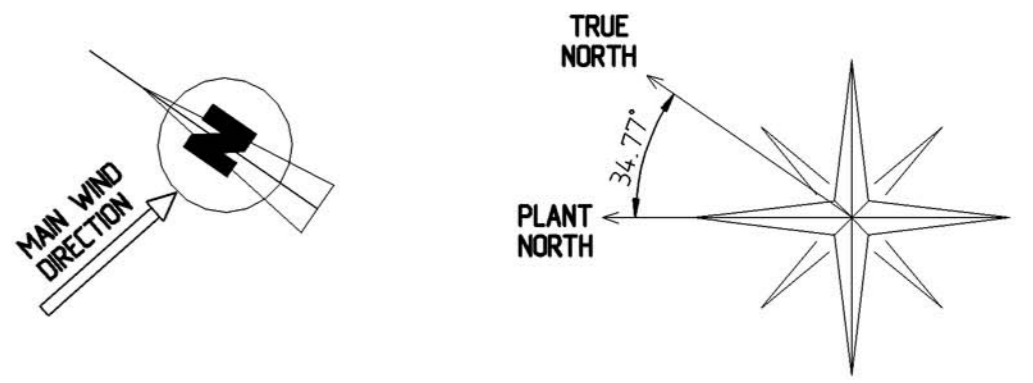
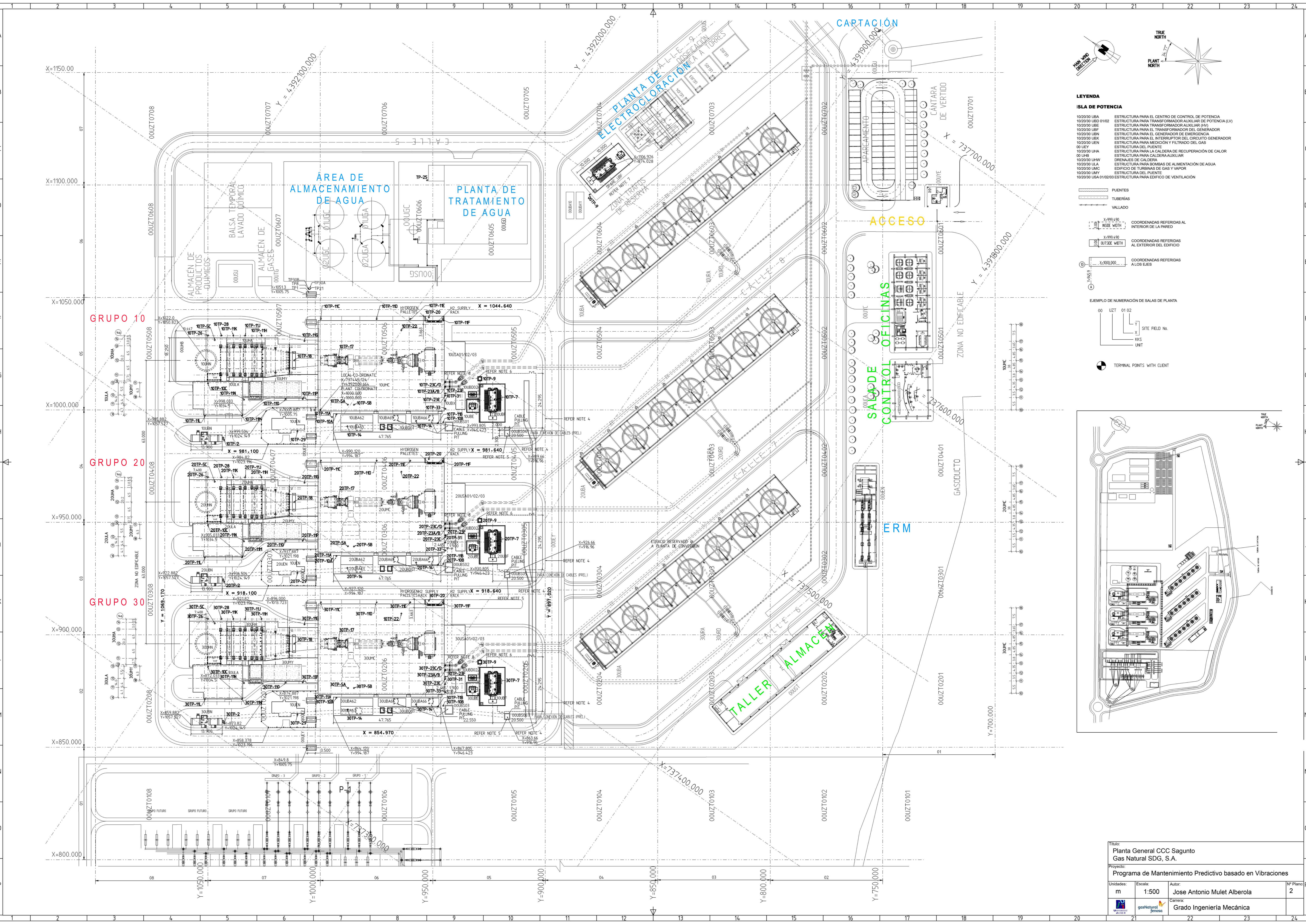


Acceso desde
Castellón por V-23

Acceso desde
Valencia por CV-309

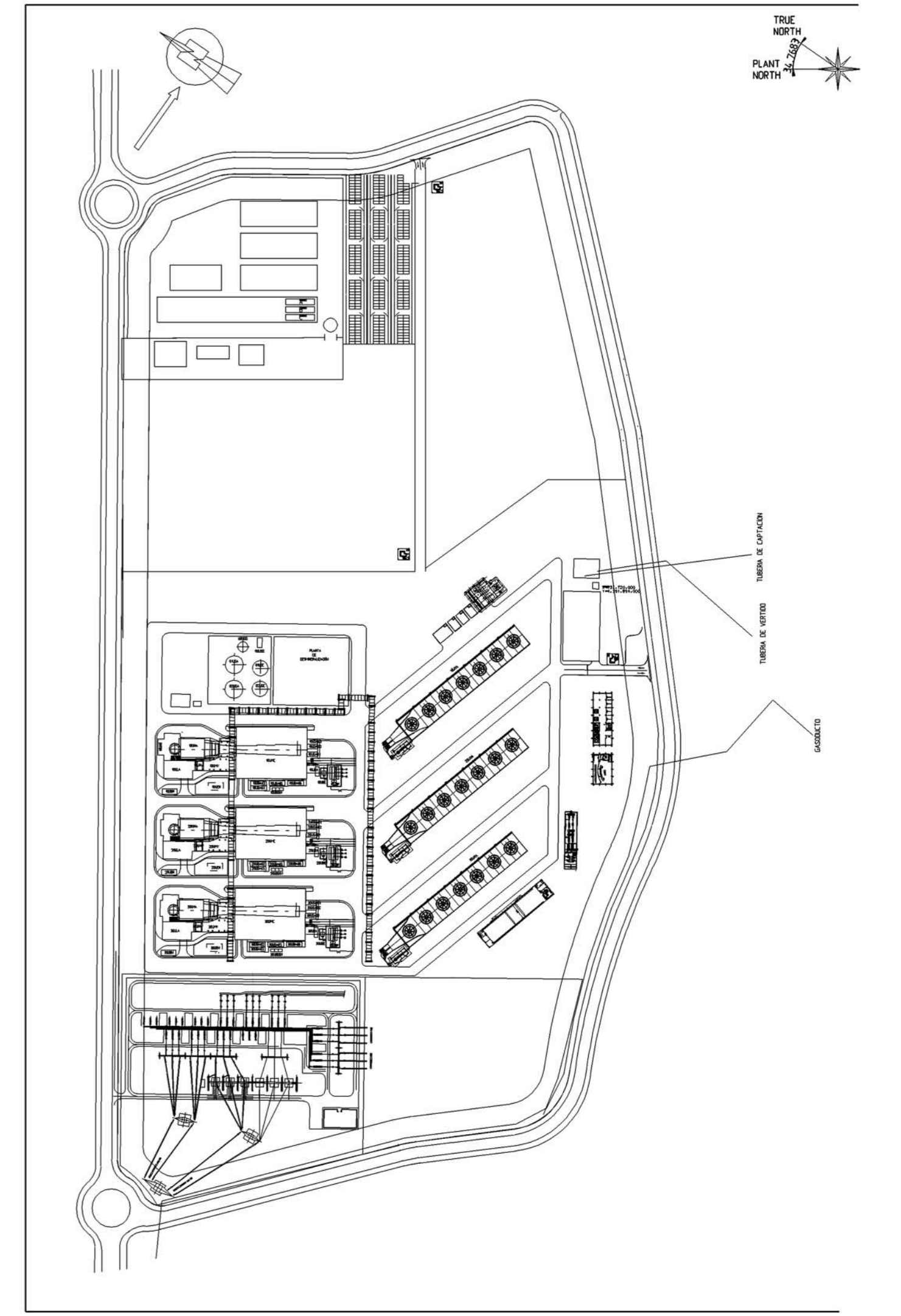
CCC Sagunto

Título: Localización planta CCC Sagunto Gas Natural SDG, S.A.			
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones			
Unidades: mm	Escala: 1:10.000	Autor: Jose Antonio Mulet Alberola	Nº Plano: 1
		Carrera: Grado Ingeniería Mecánica	

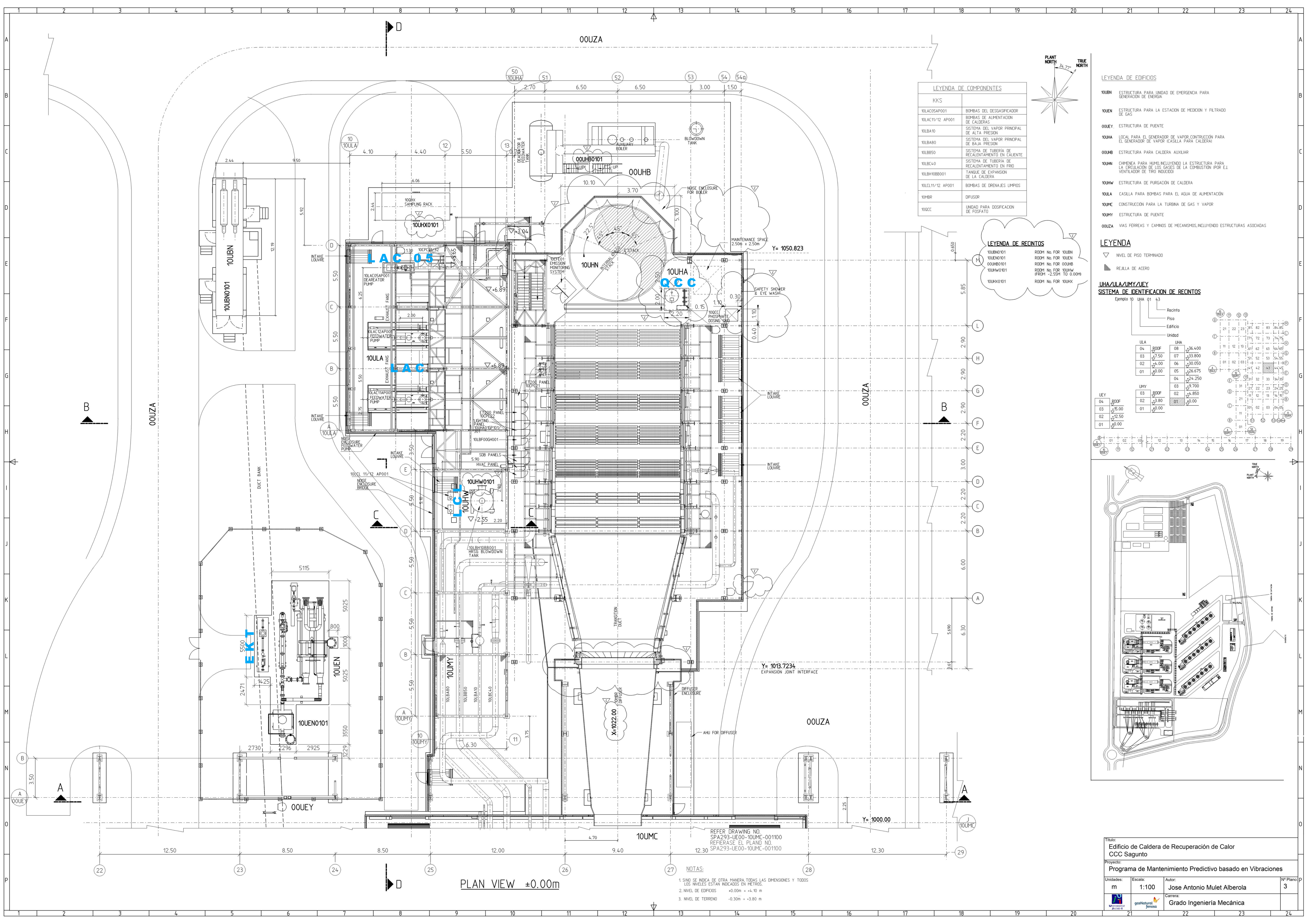


- LEYENDA**
- ISLA DE POTENCIA**
- 102000 LBA ESTRUCTURA PARA EL CENTRO DE CONTROL DE POTENCIA
 - 102000 LBE ESTRUCTURA PARA EL TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA (LV)
 - 102000 LBF ESTRUCTURA PARA EL TRANSFORMADOR DEL GENERADOR
 - 102000 LBN ESTRUCTURA PARA EL GENERADOR DE EMERGENCIA
 - 102000 LBG ESTRUCTURA PARA EL INTERRUPTOR DEL CIRCUITO GENERADOR
 - 102000 LBE ESTRUCTURA PARA MEDICIÓN Y FILTRADO DEL GAS
 - 00 LVE ESTRUCTURA DEL PUENTE
 - 102000 LHA ESTRUCTURA PARA CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR
 - 00 LHB ESTRUCTURA PARA CALDERA AUXILIAR
 - 102000 LHW DRENAJES DE CALDERA
 - 102000 LLA ESTRUCTURA PARA BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA
 - 102000 LMC EDIFICIO DE TURBINAS DE GAS Y VAPOR
 - 102000 LMY ESTRUCTURA DEL PUENTE
 - 102000 LSA ESTRUCTURA PARA EDIFICIO DE VENTILACIÓN

- PUENTES
 - TUBERÍAS
 - VALLADO
- X=991.50 COORDENADAS REFERIDAS AL INTERIOR DE LA PARED
 X=991.50 COORDENADAS REFERIDAS AL EXTERIOR DEL EDIFICIO
 X=1000.000 COORDENADAS REFERIDAS A LOS EJES
- EJEMPLO DE NUMERACIÓN DE SALAS DE PLANTA
 00 UZT 01 02
 X SITE FIELD No.
 YZS UNIT
 TERMINAL POINTS WITH CLIENT



Título: Planta General CCC Sagunto Gas Natural SDG, S.A.			
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones			
Unidades: m	Escala: 1:500	Autor: Jose Antonio Mulet Alberola	Nº Plano: 2
		Carrera: Grado Ingeniería Mecánica	



LEYENDA DE COMPONENTES

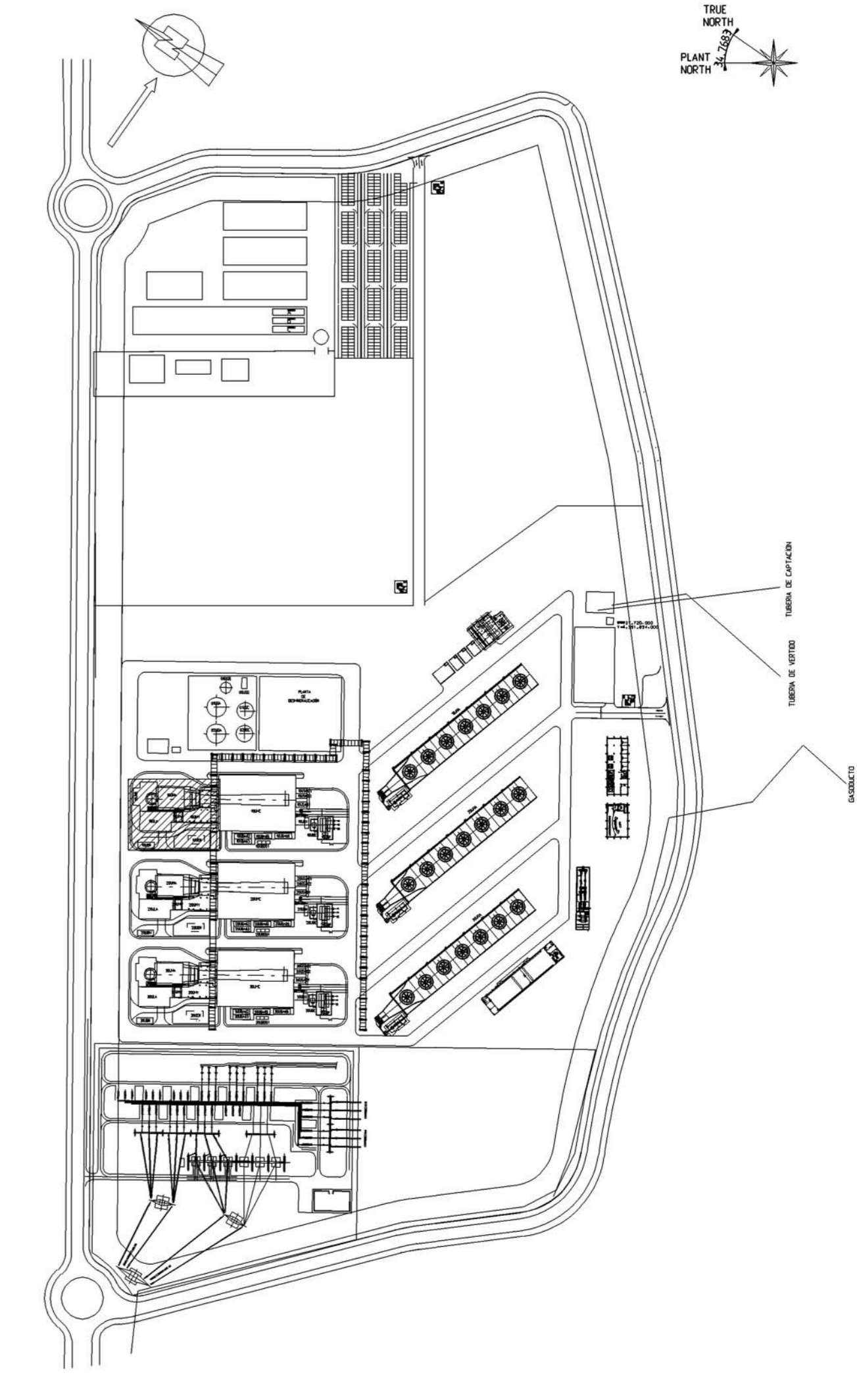
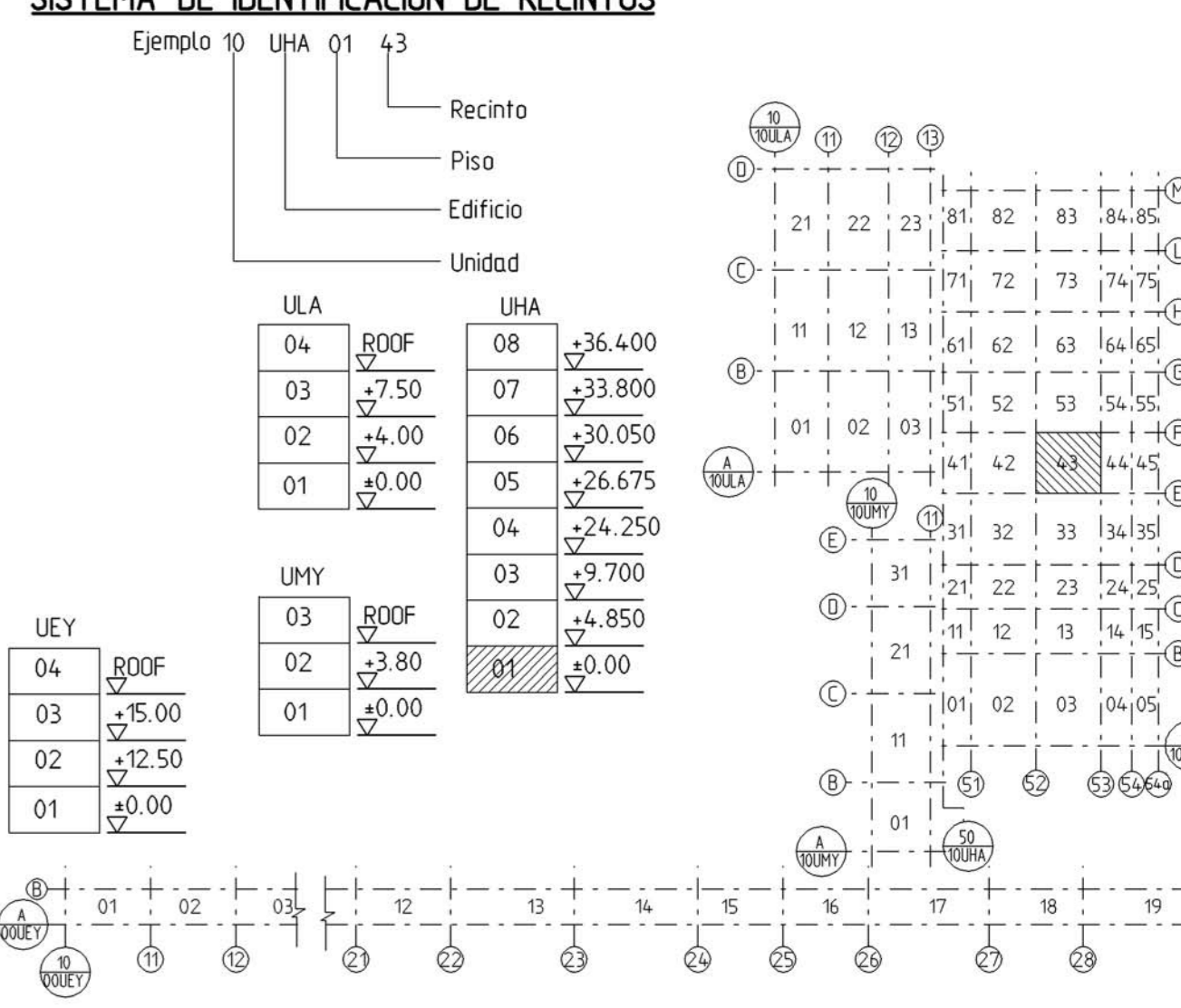
KKS	DESCRIPCIÓN
10LAC05AP001	BOMBAS DEL DESGASIFICADOR
10LAC11/12 AP001	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE CALDERAS
10LBA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESIÓN
10LBA80	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESIÓN
10LBB50	SISTEMA DE TUBERÍA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10LBC40	SISTEMA DE TUBERÍA DE RECALENTAMIENTO EN FRÍO
10LBH00B001	TANQUE DE EXPANSIÓN DE LA CALDERA
10LCL11/12 AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MBR	DIFFUSOR
10QCC	UNIDAD PARA DOSIFICACIÓN DE FOSFATO

LEYENDA DE RECINTOS

RECINTO	DESCRIPCIÓN
10UBN0101	ROOM No. FOR 10UBN
10UEN0101	ROOM No. FOR 10UEN
10UHA0101	ROOM No. FOR 10UHA
10UHW0101	ROOM No. FOR 10UHW
10UHM0101	ROOM No. FOR 10UHM
10UHX0101	ROOM No. FOR 10UHX

- LEYENDA DE EDIFICIOS**
- 10UBN ESTRUCTURA PARA UNIDAD DE EMERGENCIA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA
 - 10UEN ESTRUCTURA PARA LA ESTACION DE MEDICION Y FILTRADO DE GAS
 - 10UHA LOCAL PARA EL GENERADOR DE VAPOR CONTRUCCION PARA EL GENERADOR DE VAPOR (CASILLA PARA CALDERA)
 - 10UHB ESTRUCTURA PARA CALDERA AUXILIAR
 - 10UHN CHIMENEA PARA HEMOINCLUENDO LA ESTRUCTURA PARA LA CIRCULACION DE LOS GASES DE LA COMBUSTION (POR EL VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO)
 - 10UHW ESTRUCTURA DE PURGACION DE CALDERA
 - 10ULA CASILLA PARA BOMBAS PARA EL AGUA DE ALIMENTACION
 - 10UMC CONSTRUCCION PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
 - 10UHY ESTRUCTURA DE PUENTE
 - 10OUZA VIAS FERREAS Y CAMINOS DE MECANISMOS, INCLUYENDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

- LEYENDA**
- ▽ NIVEL DE PISO TERMINADO
 - ▨ REJILLA DE ACERO
- UHA/ULA/UMY/UEY SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RECINTOS**
- Ejemplo 10 UHA 01 43
- Recinto
 - Piso
 - Edificio
 - Unidad



REFER DRAWING NO. SPA293-UE00-10UMC-001100
 REFERIRSE EL PLANO NO. 12.30 SPA293-UE00-10UMC-001100

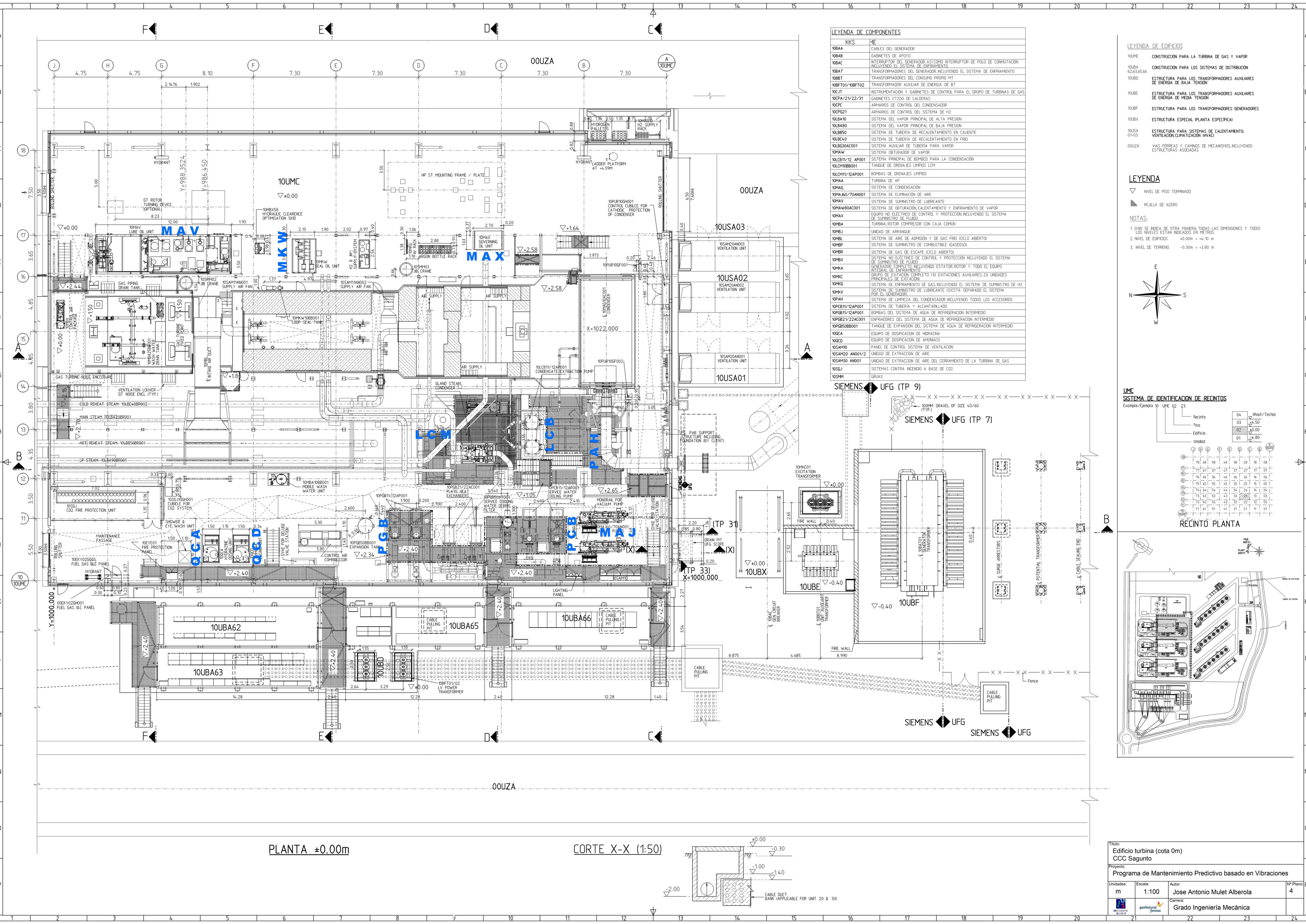
- NOTAS:**
1. SI NO SE INDICA DE OTRA MANERA, TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS.
 2. NIVEL DE EDIFICIOS ±0.00m ± 4.10 m
 3. NIVEL DE TERRENO -0.30m ± 3.80 m

Filial: Edificio de Caldera de Recuperación de Calor CCC Sagunto

Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades: m Escala: 1:100 Autor: Jose Antonio Mulet Alberola Nº Plano: 3

Carrera: Grad Ingenieria Mecánica



LEYENDA DE COMPONENTES

KKS	ME
10BAA	CABLES DEL GENERADOR
10BAB	GABINETES DE APOYO
10BAC	INTERRUPTOR DEL GENERADOR, ASI COMO INTERRUPTOR DE POLO DE COMPUTACION INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BAT	TRANSFORMADORES DEL GENERADOR, INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BBT	TRANSFORMADORES DEL CONSUMO PROPIO MT
10BFT01/10BFT02	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE ENERGIA DE BT
10CJT	INSTRUMENTACION Y GABINETES DE CONTROL PARA EL GRUPO DE TURBINAS DE GAS
10CPA/21/22/31	GABINETES ET200 DE CALDERAS
10CPC	ARMARIOS DE CONTROL DEL CONDENSADOR
10CPG21	ARMARIOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE H2
10LBA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESION
10LBA80	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESION
10LB850	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10LBC40	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN FRO
10LB830AC001	SISTEMA AUXILIAR DE TUBERIA PARA VAPOR
10MAW	TURBINA ROTOR COMPRESOR DE VAPOR
10LBT11/12 AP001	SISTEMA PRINCIPAL DE BOMBEO PARA LA CONDENSACION
10LH08B001	TANQUE DE DRENAJES LIMPIOS LCM
10LH11/12AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MAA	TURBINA DE AP
10MAG	SISTEMA DE CONDENSACION
10MAJ0/70AN001	SISTEMA DE ELIMINACION DE AIRE
10MAV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE
10MAW08AC001	SISTEMA DE OBTURACION, CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE VAPOR
10MAX	EQUIPO NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MBA	TURBINA ROTOR COMPRESOR CON CAJA COMUN
10MBJ	UNIDAD DE ARRANQUE
10MBL	SISTEMA DE AIRE DE ADMISION Y DE GAS FRO (CICLO ABIERTO)
10MSP	SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE (GASEOSO)
10MBR	SISTEMA DE GAS DE ESCAPE (CICLO ABIERTO)
10MBX	SISTEMA NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MKA	GENERADOR COMPLETO INCLUYENDO ESTATOR, ROTOR Y TODO EL EQUIPO INTEGRAL DE ENFRIAMIENTO
10MKC	GRUPO DE EXITACION COMPLETO (10 EXITACIONES AUXILIARES, 20 UNIDADES PRINCIPALES DE EXITACION)
10MKG	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE H2
10MKV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE (SISTEMA SEPARADO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO)
10PAH	SISTEMA DE LIMPIEZA DEL CONDENSADOR, INCLUYENDO TODOS LOS ACCESORIOS
10PCB11/12AP001	SISTEMA DE TUBERIA Y ALICANTARILLADO
10PGB11/12AP001	BOMBAS DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB21/22AC001	ENFRIGADORES DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB50B001	TANQUE DE EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10QCA	EQUIPO DE DOSIFICACION DE HIDRACINA
10QCD	EQUIPO DE DOSIFICACION DE AMONACO
10SAM10	PANEL DE CONTROL SISTEMA DE VENTILACION
10SAM20 AN001/2	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE
10SAM30 AN001	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE DEL CERRAMIENTO DE LA TURBINA DE GAS
10SGJ	SISTEMAS CONTRA INCENDIO A BASE DE CO2
10SPH	GRUAS

LEYENDA DE EDIFICIOS

10UMC	CONSTRUCCION PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
10UBA	CONSTRUCCION PARA LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION
62.83.65.66	
10UBD	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE BAJA TENSION
10URE	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE MEDIA TENSION
10URF	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES GENERADORES
10URX	ESTRUCTURA ESPECIAL (PLANTA ESPECIFICA)
10USA	ESTRUCTURA PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO, VENTILACION, CLIMATIZACION HVAC
01-03	
00UZA	VIAS FERREAS Y CAMBIOS DE MECANISMOS, INCLUYENDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

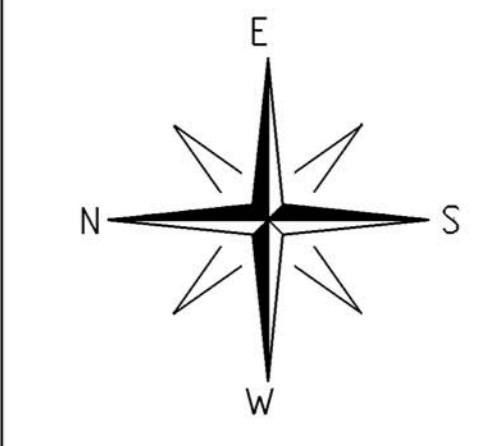
LEYENDA

▽ NIVEL DE PISO TERMINADO

▨ REJILLA DE ACERO

NOTAS:

1. SI NO SE INDICA DE OTRA MANERA TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS.
2. NIVEL DE EDIFICIOS ±0.00m = +4.10 m
3. NIVEL DE TERRENDO -0.30m = +3.80 m



UMC SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RECINTOS

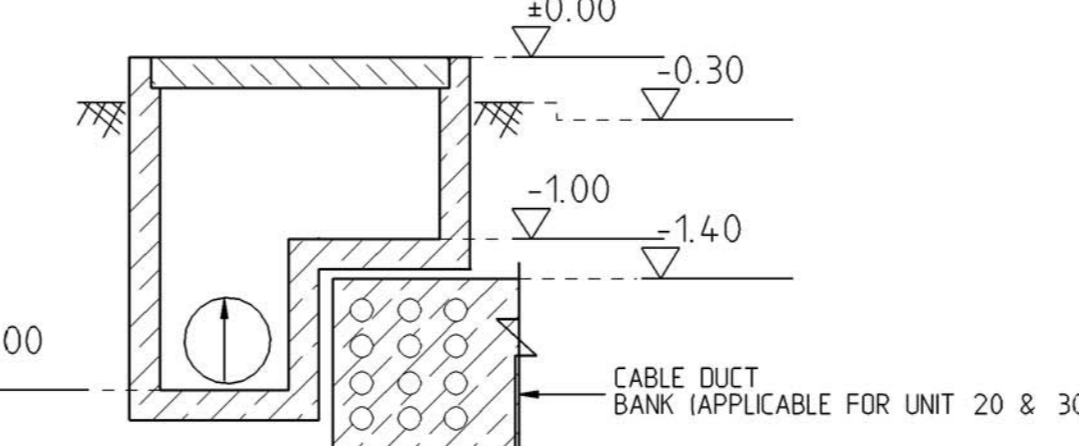
Example/Ejemplo 10 UMC 02 23

Recinto	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Piso																					
Edificio																					
Unidad																					

RECINTO PLANTA

PLANTA ±0.00m

CORTE X-X (1:50)

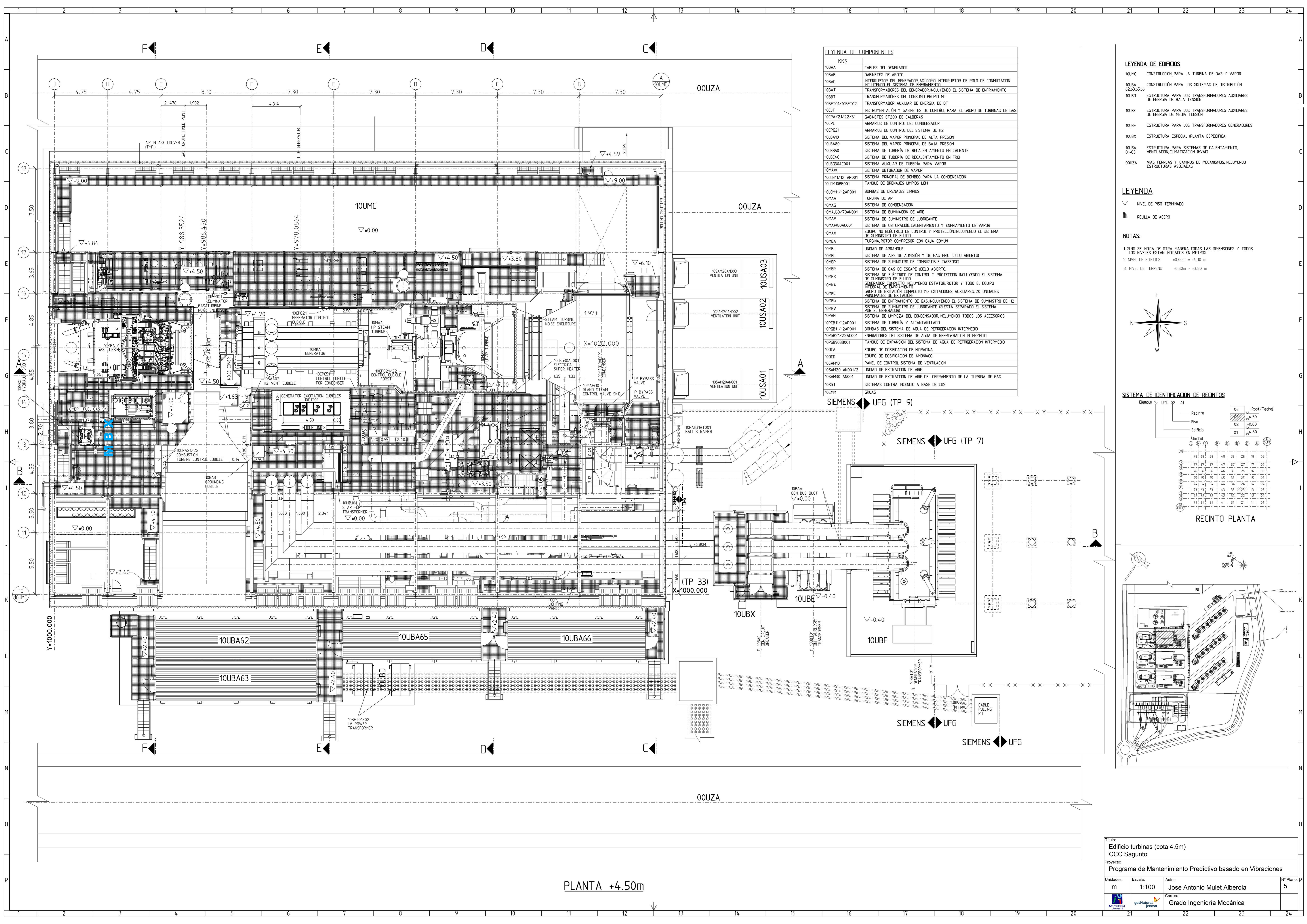


Folio: Edificio turbina (cota 0m)
CCC Sagunto

Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades:	Escala:	Autor:	Nº Plano:
m	1:100	Jose Antonio Mulet Alberola	4

Carrera: Grado Ingeniería Mecánica



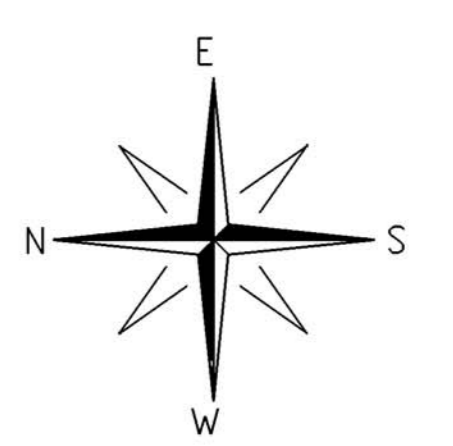
LEYENDA DE COMPONENTES

KKS	DESCRIPCIÓN
10BAA	CABLES DEL GENERADOR
10BAB	GABINETES DE APOYO
10BAC	INTERRUPTOR DEL GENERADOR ASI COMO INTERRUPTOR DE POLO DE CONMUTACION INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BAT	TRANSFORMADORES DEL GENERADOR INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BBT	TRANSFORMADORES DEL CONSUMO PROPIO HT
10BFT01/0BFT02	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE ENERGIA DE BT
10CJT	INSTRUMENTACION Y GABINETES DE CONTROL PARA EL GRUPO DE TURBINAS DE GAS
10CPA/21/22/31	GABINETES ET200 DE CALDERAS
10CPC	ARMARIOS DE CONTROL DEL CONDENSADOR
10CPG21	ARMARIOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE H2
10BA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESION
10BA80	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESION
10BBS0	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10BC40	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN FRO
10BGG30A001	SISTEMA AUXILIAR DE TUBERIA PARA VAPOR
10MAW	SISTEMA OBTURADOR DE VAPOR
10LBT11/12 AP001	SISTEMA PRINCIPAL DE BOMBEO PARA LA CONDENSACION
10LCH00B001	TANQUE DE DRENAJES LIMPIOS LCH
10LCH11/12AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MAA	TURBINA DE AP
10MAG	SISTEMA DE CONDENSACION
10MAJ60/70AN001	SISTEMA DE ELIMINACION DE AIRE
10MAV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE
10MAW80A001	SISTEMA DE OBTURACION,CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE VAPOR
10MAX	EQUIPO NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MBA	TURBINA ROTOR COMPRESOR CON CAJA COMUN
10MBJ	UNIDAD DE ARRANQUE
10MBL	SISTEMA DE AIRE DE ADMISION Y DE GAS FRO (CICLO ABIERTO)
10MBP	SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE (GASEOSO)
10MBR	SISTEMA DE GAS DE ESCAPE (CICLO ABIERTO)
10MBX	SISTEMA NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MKA	GRUPO DE EXITACION INCLUYENDO ESTATOR, ROTOR Y TODO EL EQUIPO INTEGRAL DE ENFRIAMIENTO
10MKC	GRUPO DE EXITACION COMPLETO (10 EXITACIONES AUXILIARES, 20 UNIDADES PRINCIPALES DE EXITACION)
10MKG	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS, INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE H2
10MKV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE (SISTEMA SEPARADO EL SISTEMA POR EL GENERADOR)
10MAH	SISTEMA DE LIMPIEZA DEL CONDENSADOR, INCLUYENDO TODOS LOS ACCESORIOS
10PCB11/12AP001	SISTEMA DE TUBERIA Y ALICANTILLADO
10PGB11/12AP001	BOMBAS DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB21/22AC001	ENFRIADORES DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB50B001	TANQUE DE EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10CCA	EQUIPO DE DOSIFICACION DE HIDRACINA
10CCD	EQUIPO DE DOSIFICACION DE AMONACO
10SAM10	PANEL DE CONTROL SISTEMA DE VENTILACION
10SAM20 AN001/2	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE
10SAM30 AN001	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE DEL CERRAMIENTO DE LA TURBINA DE GAS
10SGJ	SISTEMAS CONTRA INCENDIO A BASE DE CO2
10SH4	GRUAS

LEYENDA DE EDIFICIOS

10UMC	CONSTRUCCION PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
10UBA	CONSTRUCCION PARA LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION 62.63.65.66
10UBD	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE BAJA TENSION
10UBE	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE MEDIA TENSION
10UBF	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES GENERADORES
10UBX	ESTRUCTURA ESPECIAL (PLANTA ESPECIFICA)
10USA 01-03	ESTRUCTURA PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO, VENTILACION, CLIMATIZACION (HVAC)
00UZA	VIAS FERREAS Y CAMINOS DE MECANISMOS, INCLUYENDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

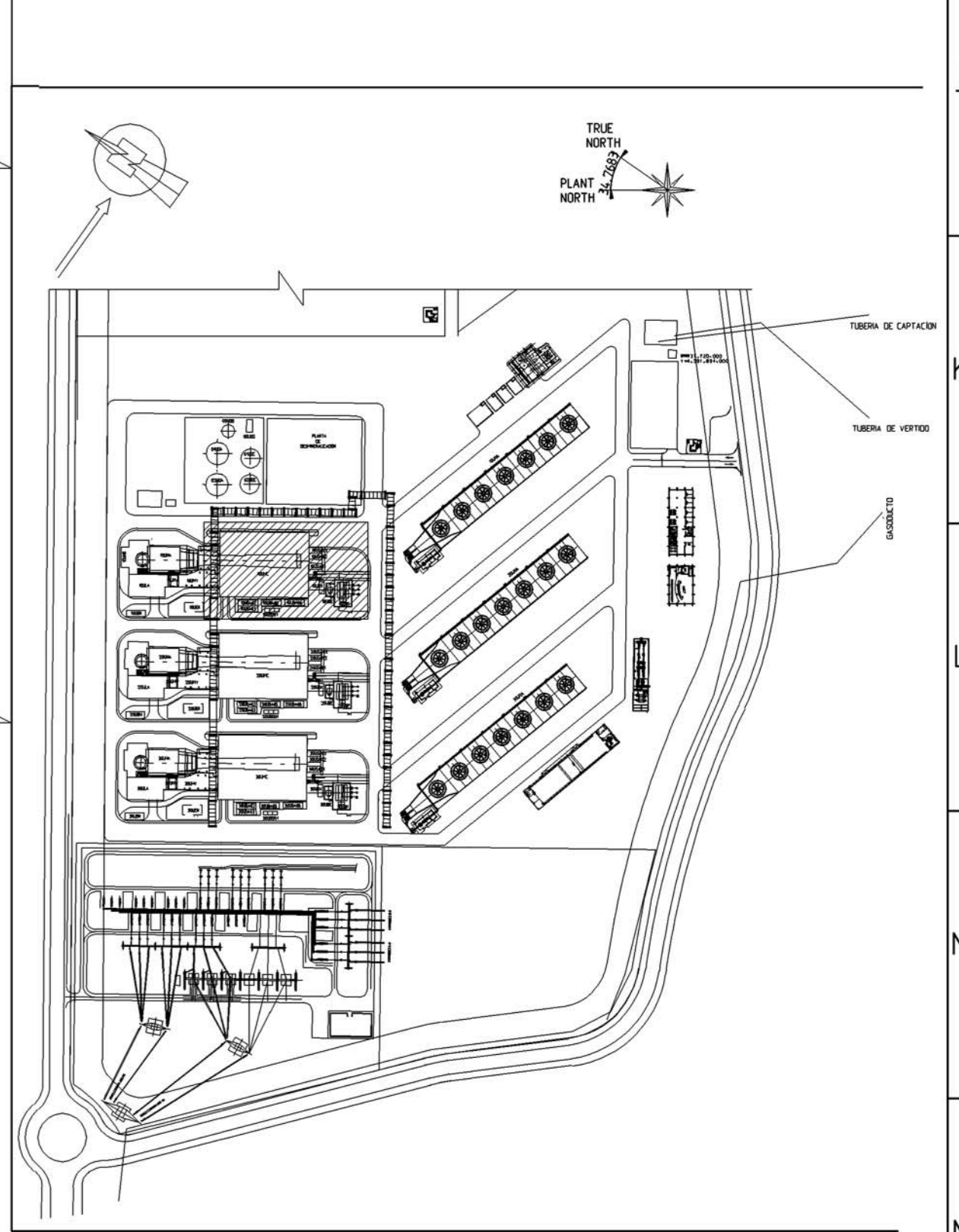
- LEYENDA**
- ▽ NIVEL DE PISO TERMINADO
 - REJILLA DE ACERO
- NOTAS:**
- SINO SE INDICA DE OTRA MANERA, TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS
 - NIVEL DE EDIFICIOS +0.00m = +4.10 m
 - NIVEL DE TERRENIO -0.30m = +3.90 m



SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RECINTOS

Ejemplo 10 UMC 02 23

Recinto	Piso	Edificio	Unidad
04	03	02	01
04	03	02	02
04	03	02	03
04	03	02	04
04	03	02	05
04	03	02	06
04	03	02	07
04	03	02	08
04	03	02	09
04	03	02	10
04	03	02	11
04	03	02	12
04	03	02	13
04	03	02	14
04	03	02	15
04	03	02	16
04	03	02	17
04	03	02	18
04	03	02	19
04	03	02	20
04	03	02	21
04	03	02	22
04	03	02	23

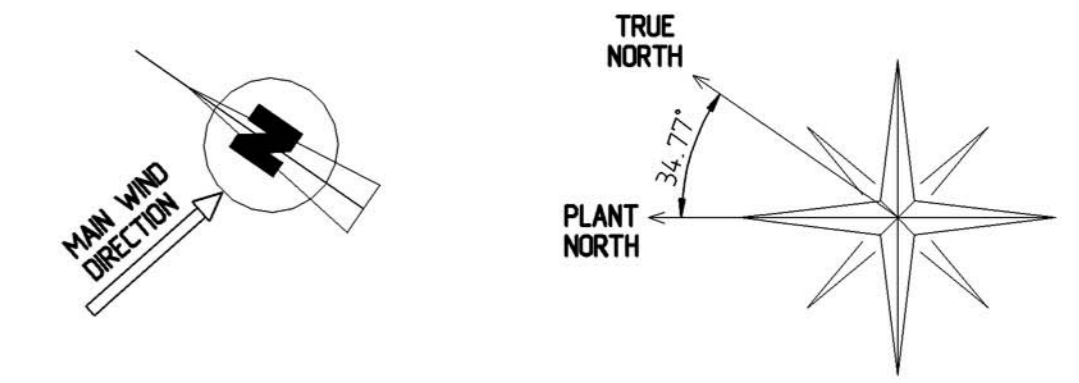
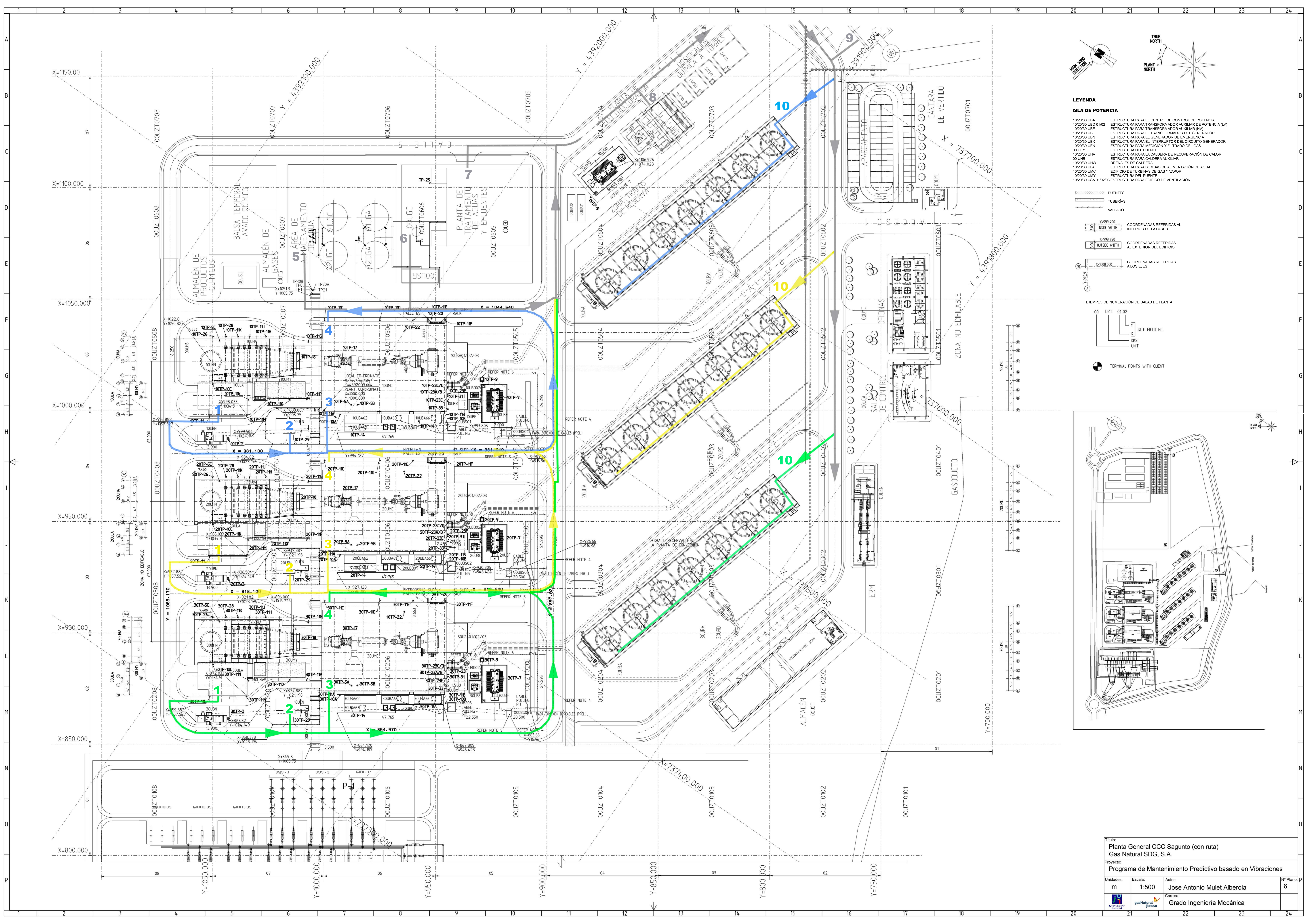


PLANTA +4.50m

Filial: Edificio turbinas (cota 4,5m)
 CCC Sagunto

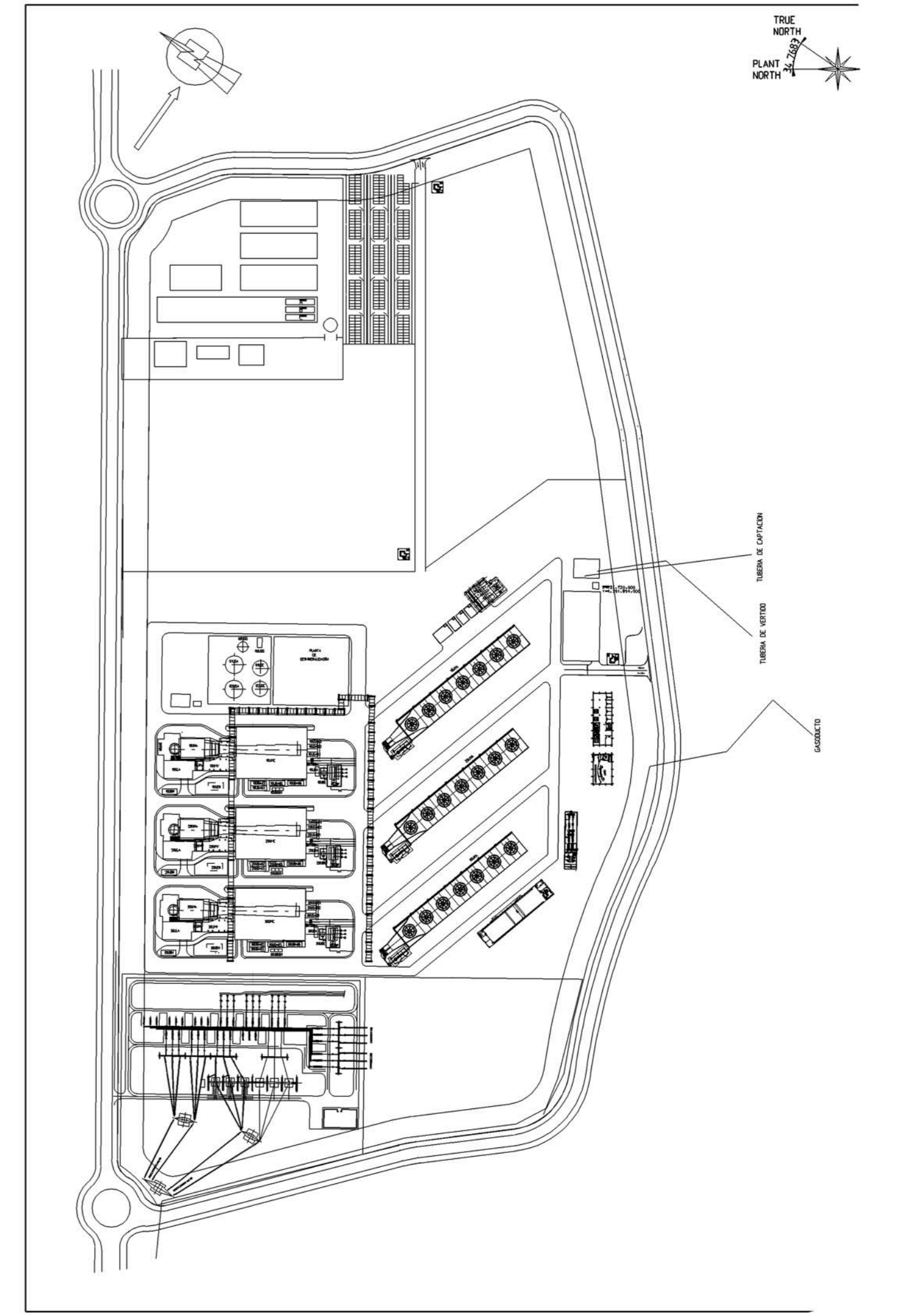
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades:	Escala:	Autor:	Nº Plano:
m	1:100	Jose Antonio Mulet Alberola	5
		Carrera:	
		Grado Ingeniería Mecánica	

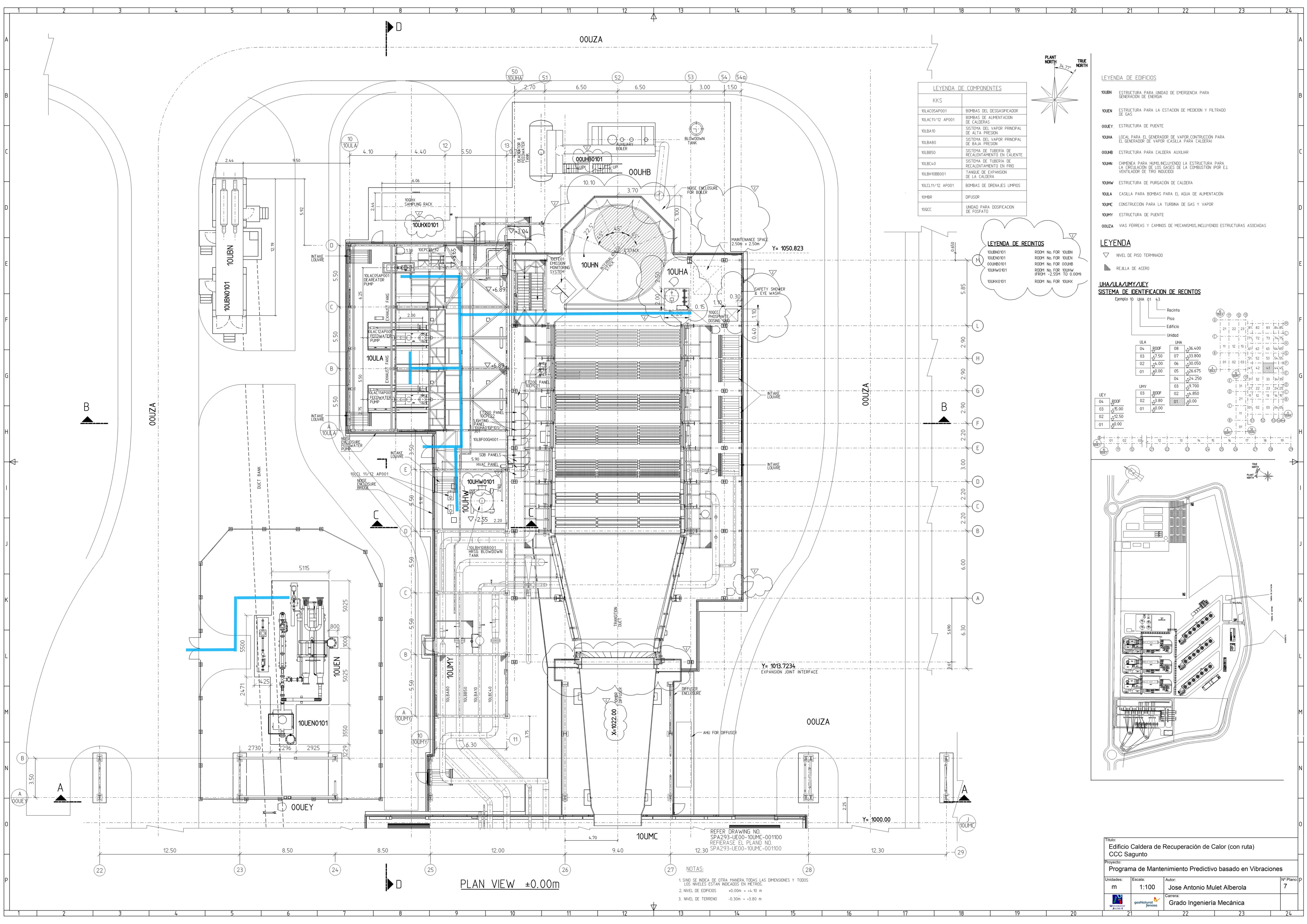


- LEYENDA**
- ISLA DE POTENCIA**
- 102000 UBA ESTRUCTURA PARA EL CENTRO DE CONTROL DE POTENCIA
 - 102000 UBD 0102 ESTRUCTURA PARA TRANSFORMADOR AUXILIAR DE POTENCIA (LV)
 - 102000 UBE ESTRUCTURA PARA EL TRANSFORMADOR DEL GENERADOR
 - 102000 UBF ESTRUCTURA PARA EL TRANSFORMADOR DEL GENERADOR
 - 102000 UBN ESTRUCTURA PARA EL GENERADOR DE EMERGENCIA
 - 102000 UBX ESTRUCTURA PARA EL INTERRUPTOR DEL CIRCUITO GENERADOR
 - 102000 UBY ESTRUCTURA PARA MENCION Y FILTRADO DEL GAS
 - 00 UET ESTRUCTURA DEL PUENTE
 - 102000 UHA ESTRUCTURA PARA CALDERA DE RECUPERACION DE CALOR
 - 00 UHB ESTRUCTURA PARA CALDERA AUXILIAR
 - 102000 UHM DRENAJES DE CALDERA
 - 102000 ULA ESTRUCTURA PARA BOMBAS DE ALIMENTACION DE AGUA
 - 102000 UMC EDIFICIO DE TURBINAS DE GAS Y VAPOR
 - 102000 UMY ESTRUCTURA DEL PUENTE
 - 102000 USA 0110203 ESTRUCTURA PARA EDIFICIO DE VENTILACION

- PUENTES
 - TUBERIAS
 - VALLADO
- X=991.90 COORDENADAS REFERIDAS AL INTERIOR DE LA PARED
 X=991.90 COORDENADAS REFERIDAS AL EXTERIOR DEL EDIFICIO
 X=1000.00 COORDENADAS REFERIDAS A LOS EJES
- EJEMPLO DE NUMERACION DE SALAS DE PLANTA
 00 UZT 01 02 SITE FIELD No.
 UZT UNIT
 UZT UNIT
- TERMINAL POINTS WITH CLIENT



Título: Planta General CCC Sagunto (con ruta) Gas Natural SDG, S.A.			
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones			
Unidades: m	Escala: 1:500	Autor: Jose Antonio Mulet Alberola	Nº Plano: 6
		Carrera: Grado Ingeniería Mecánica	



LEYENDA DE COMPONENTES

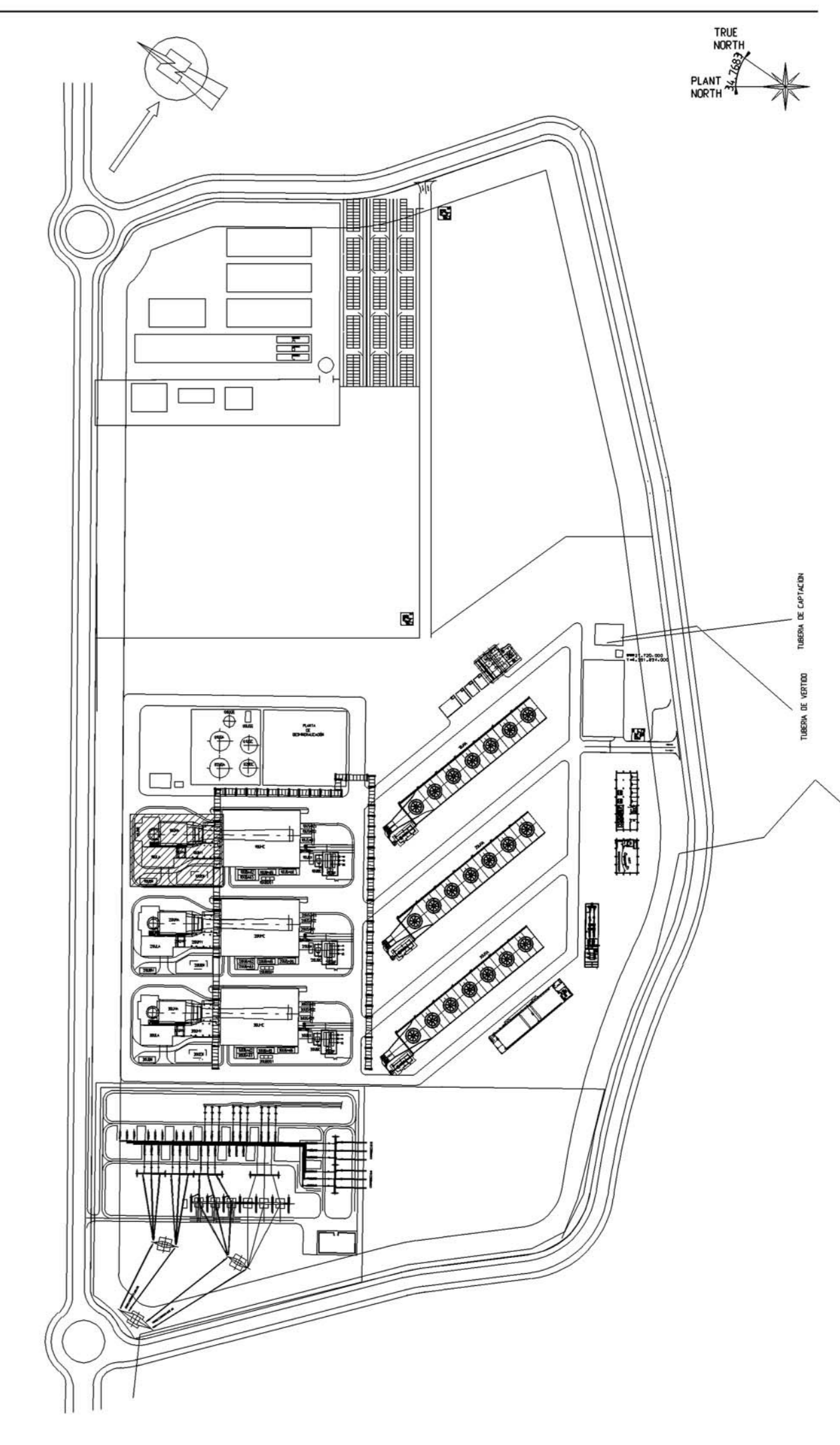
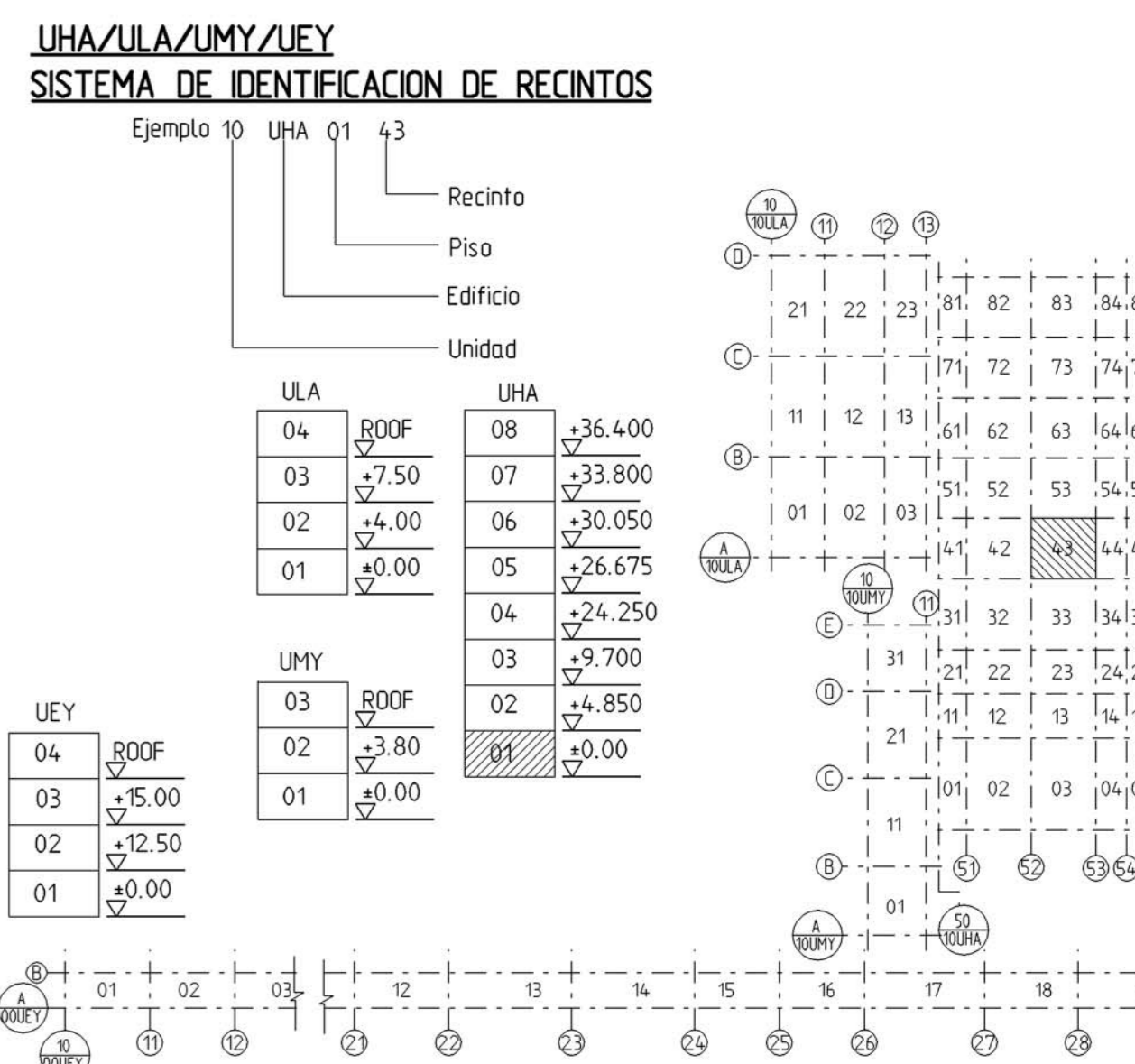
KKS	DESCRIPCIÓN
10LAC05AP001	BOMBAS DEL DESGASIFICADOR
10LAC11/12 AP001	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE CALDERAS
10LBA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESIÓN
10LBA80	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESIÓN
10LBB50	SISTEMA DE TUBERÍA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10LBC40	SISTEMA DE TUBERÍA DE RECALENTAMIENTO EN FRÍO
10LBH00B001	TANQUE DE EXPANSIÓN DE LA CALDERA
10LCL11/12 AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MBR	DIFFUSOR
10QCC	UNIDAD PARA DOSIFICACIÓN DE FOSFATO

LEYENDA DE RECINTOS

Recinto	Descripción
10UBN0101	ROOM No. FOR 10UBN
10UBA0101	ROOM No. FOR 10UBA
10UHL0101	ROOM No. FOR 10UHL
10UHL10101	ROOM No. FOR 10UHL10
10UHL20101	ROOM No. FOR 10UHL20
10UHL30101	ROOM No. FOR 10UHL30
10UHL40101	ROOM No. FOR 10UHL40

- LEYENDA DE EDIFICIOS**
- 10UBN ESTRUCTURA PARA UNIDAD DE EMERGENCIA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA
 - 10UBA ESTRUCTURA PARA LA ESTACION DE MEDICIÓN Y FILTRADO DE GAS
 - 10UHL ESTRUCTURA DE PUENTE
 - 10UHLA LOCAL PARA EL GENERADOR DE VAPOR CONTRUCCIÓN PARA EL GENERADOR DE VAPOR (CASILLA PARA CALDERA)
 - 10UHLB ESTRUCTURA PARA CALDERA AUXILIAR
 - 10UHLN CHIMENEA PARA HEMOINCLUYENDO LA ESTRUCTURA PARA LA CIRCULACIÓN DE LOS GASES DE LA COMBUSTIÓN (POR EL VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO)
 - 10UHLW ESTRUCTURA DE PURGACIÓN DE CALDERA
 - 10UHLA CASILLA PARA BOMBAS PARA EL AGUA DE ALIMENTACIÓN
 - 10UHLM CONSTRUCCIÓN PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
 - 10UHLY ESTRUCTURA DE PUENTE
 - 10UHLZ VIAS FERREAS Y CAMINOS DE MECANISMOS, INCLUYENDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

- LEYENDA**
- ▽ NIVEL DE PISO TERMINADO
 - ▨ REJILLA DE ACERO



REFER DRAWING NO. SPA293-UE00-10UMC-001100
 REFERIRSE EL PLANO NO. 12.30 SPA293-UE00-10UMC-001100

- NOTAS:**
1. SI NO SE INDICA DE OTRA MANERA, TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS.
 2. NIVEL DE EDIFICIOS +0.00m ± 4.10 m
 3. NIVEL DE TERRENO -0.30m ± 3.80 m

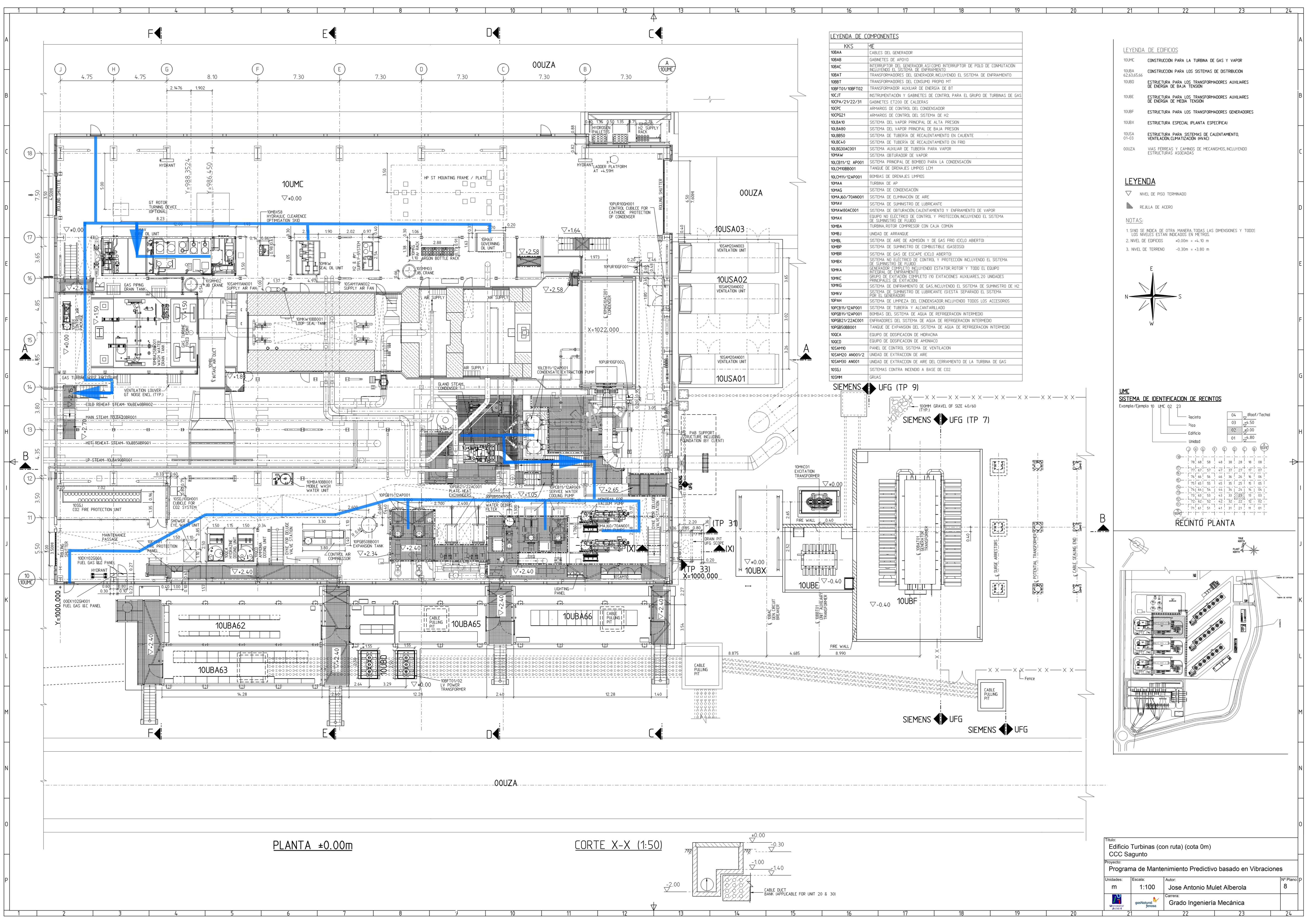
PLAN VIEW ±0.00m

Filial: Edificio Caldera de Recuperación de Calor (con ruta) CCC Sagunto

Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades: m Escala: 1:100 Autor: Jose Antonio Mulet Alberola Nº Plano: P 7

Carrera: Grado Ingeniería Mecánica



LEYENDA DE COMPONENTES

KKS	ME
10BAA	CABLES DEL GENERADOR
10BAB	GABINETES DE APOYO
10BAC	INTERRUPTOR DEL GENERADOR, ASI COMO INTERRUPTOR DE POLO DE COMPUTACION INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BAT	TRANSFORMADORES DEL GENERADOR, INCLUYENDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BBT	TRANSFORMADORES DEL CONSUMO PROPIO MT
10BFT01/10BFT02	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE ENERGIA DE BT
10CJT	INSTRUMENTACION Y GABINETES DE CONTROL PARA EL GRUPO DE TURBINAS DE GAS
10CPA/21/22/31	GABINETES ET200 DE CALDERAS
10CPC	ARMARIOS DE CONTROL DEL CONDENSADOR
10CPG21	ARMARIOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE H2
10LBA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESION
10LBA80	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESION
10LBS50	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10LBC40	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN FRO
10LBS0AC001	SISTEMA AUXILIAR DE TUBERIA PARA VAPOR
10LBAW	TURBINA ROTOR COMPRESOR DE VAPOR
10LBT11/12 AP001	SISTEMA PRINCIPAL DE BOMBEO PARA LA CONDENSACION
10LH08B001	TANQUE DE DRENAJES LIMPIOS LHM
10LHM11/12AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MAA	TURBINA DE AP
10MAG	SISTEMA DE CONDENSACION
10MAJ0/70AN001	SISTEMA DE ELIMINACION DE AIRE
10MAV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE
10MAW08AC001	SISTEMA DE OBTURACION, CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE VAPOR
10MAX	EQUIPO NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MBA	TURBINA ROTOR COMPRESOR CON CAJA COMUN
10MBJ	UNIDAD DE ARRANQUE
10MBL	SISTEMA DE AIRE DE ADMISION Y DE GAS FRO (CICLO ABIERTO)
10MSP	SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE (GASEOSO)
10MBR	SISTEMA DE GAS DE ESCAPE (CICLO ABIERTO)
10MBX	SISTEMA NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MKA	GENERADOR COMPLETO INCLUYENDO ESTATOR, ROTOR Y TODO EL EQUIPO INTEGRAL DE ENFRIAMIENTO
10MKC	GRUPO DE EXITACION COMPLETO (10 EXITACIONES AUXILIARES, 20 UNIDADES PRINCIPALES DE EXITACION)
10MKG	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS, INCLUYENDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE H2
10MKV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE (SISTEMA SEPARADO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO)
10PAH	SISTEMA DE LIMPIEZA DEL CONDENSADOR, INCLUYENDO TODOS LOS ACCESORIOS
10PCB11/12AP001	SISTEMA DE TUBERIA Y ALCANTARILLADO
10PGB11/12AP001	BOMBAS DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB21/22AC001	ENFRIGADORES DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB50B001	TANQUE DE EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10QCA	EQUIPO DE DOSIFICACION DE HIDRACINA
10QCD	EQUIPO DE DOSIFICACION DE AMONACO
10SAM40	PANEL DE CONTROL SISTEMA DE VENTILACION
10SAM20 AN001/2	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE
10SAM30 AN001	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE DEL CERRAMIENTO DE LA TURBINA DE GAS
10SGJ	SISTEMAS CONTRA INCENDIO A BASE DE CO2
10SPM	GRUAS

LEYENDA DE EDIFICIOS

10UMC	CONSTRUCCION PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
10UBA	CONSTRUCCION PARA LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION
62.83.65.66	
10UBD	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE BAJA TENSION
10UBE	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE MEDIA TENSION
10UBF	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES GENERADORES
10UBX	ESTRUCTURA ESPECIAL (PLANTA ESPECIFICA)
10USA	ESTRUCTURA PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO, VENTILACION, CLIMATIZACION, HVAC
01-03	
00UZA	VIAS FERREAS Y CAMBIOS DE MECANISMOS, INCLUYENDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

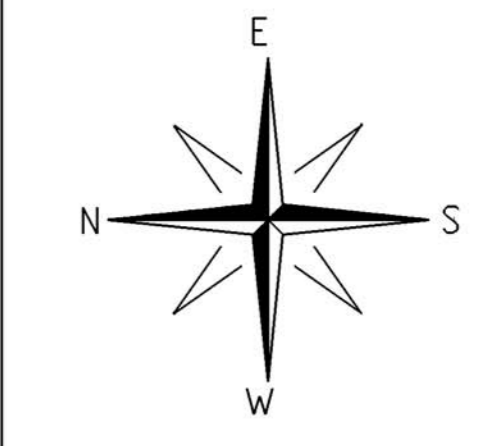
LEYENDA

▽ NIVEL DE PISO TERMINADO

■ REJILLA DE ACERO

NOTAS:

1. SI NO SE INDICA DE OTRA MANERA TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS.
2. NIVEL DE EDIFICIOS ±0.00m = +4.10 m
3. NIVEL DE TERRENDO -0.30m = +3.80 m



UMC SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RECINTOS

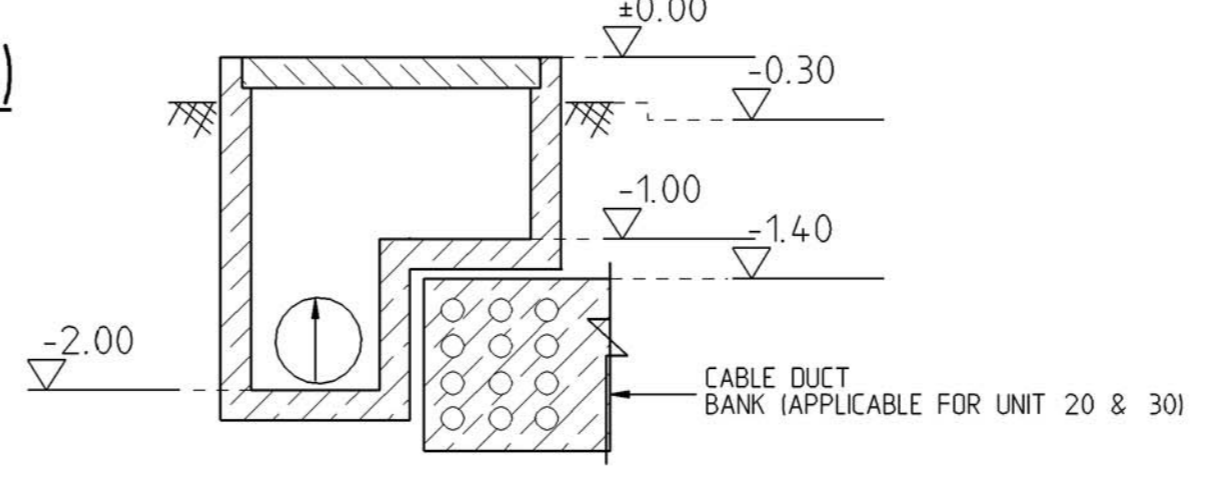
Example/Ejemplo 10 UMC 02 23

Recinto	04	03	02	01
Piso	04	03	02	01
Edificio	04	03	02	01
Unidad	04	03	02	01

RECINTO PLANTA

PLANTA ±0.00m

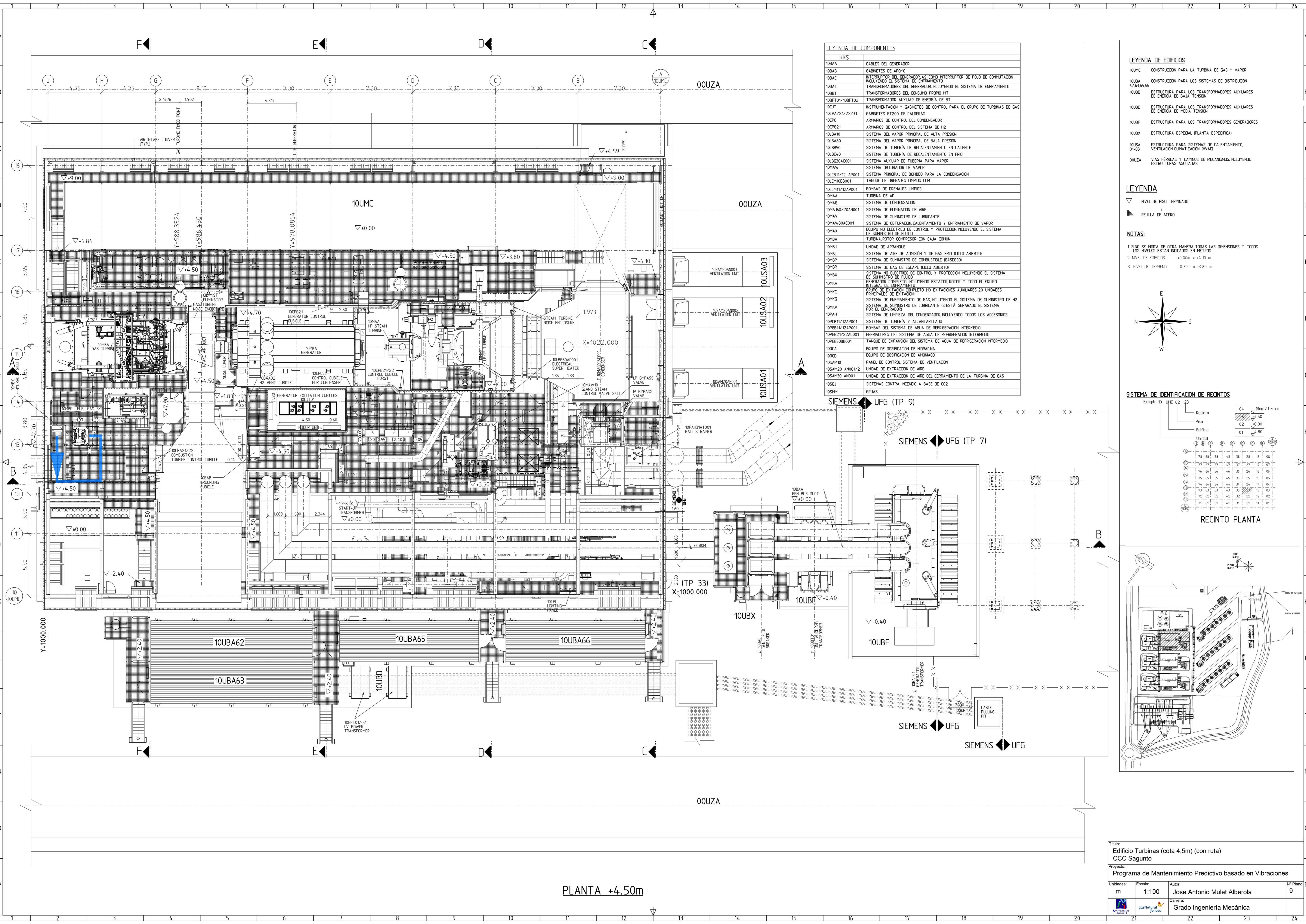
CORTE X-X (1:50)



Folio: Edificio Turbinas (con ruta) (cota 0m)
CCC Sagunto

Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades:	Escala:	Autor:	Nº Plano:
m	1:100	Jose Antonio Mulet Alberola	8
Carrera:		Gradu Ingenieria Mecanica	



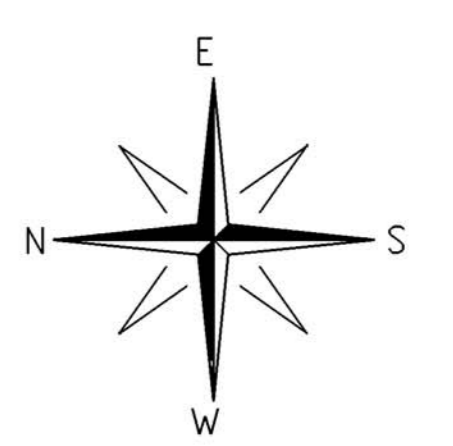
LEYENDA DE COMPONENTES

KKS	DESCRIPCIÓN
10BAA	CABLES DEL GENERADOR
10BAB	GABINETES DE APOYO
10BAC	INTERRUPTOR DEL GENERADOR ASI COMO INTERRUPTOR DE POLO DE CONMUTACION INCLUIDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BAT	TRANSFORMADORES DEL GENERADOR INCLUIDO EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
10BBT	TRANSFORMADORES DEL CONSUMO PROPIO HT
10BFT01/10BFT02	TRANSFORMADOR AUXILIAR DE ENERGIA DE BT
10CJT	INSTRUMENTACION Y GABINETES DE CONTROL PARA EL GRUPO DE TURBINAS DE GAS
10CPA/21/22/31	GABINETES ET200 DE CALDERAS
10CPC	ARMARIOS DE CONTROL DEL CONDENSADOR
10CPG21	ARMARIOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE H2
10BA10	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE ALTA PRESION
10LBAB0	SISTEMA DEL VAPOR PRINCIPAL DE BAJA PRESION
10LBBS0	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN CALIENTE
10LBCA0	SISTEMA DE TUBERIA DE RECALENTAMIENTO EN FRO
10LBG30AC001	SISTEMA AUXILIAR DE TUBERIA PARA VAPOR
10MAW	SISTEMA OBTURADOR DE VAPOR
10LCB11/12 AP001	SISTEMA PRINCIPAL DE BOMBEO PARA LA CONDENSACION
10LCM8B001	TANQUE DE DRENAJES LIMPIOS LCM
10LCM11/12AP001	BOMBAS DE DRENAJES LIMPIOS
10MAA	TURBINA DE AP
10MAG	SISTEMA DE CONDENSACION
10MAJ60/70AN001	SISTEMA DE ELIMINACION DE AIRE
10MAV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE
10MAW80AC001	SISTEMA DE OBTURACION,CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE VAPOR
10MAX	EQUIPO NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUIDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MBA	TURBINA ROTOR COMPRESOR CON CAJA COMUN
10MBJ	UNIDAD DE ARRANQUE
10MBL	SISTEMA DE AIRE DE ADMISION Y DE GAS FRO (CICLO ABIERTO)
10MBP	SISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE (GASEOSO)
10MBS	SISTEMA DE GAS DE ESCAPE (CICLO ABIERTO)
10MBX	SISTEMA NO ELECTRICO DE CONTROL Y PROTECCION INCLUIDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE FLUIDO
10MKA	GRUPO DE EXITACION INCLUIDO ESTATOR, ROTOR Y TODO EL EQUIPO INTEGRAL DE ENFRIAMIENTO
10MKC	GRUPO DE EXITACION COMPLETO (10 EXITACIONES AUXILIARES, 20 UNIDADES PRINCIPALES DE EXITACION)
10MKG	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS, INCLUIDO EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE H2
10MKV	SISTEMA DE SUMINISTRO DE LUBRICANTE (SISTEMA SEPARADO EL SISTEMA POR EL GENERADOR)
10PAH	SISTEMA DE LIMPIEZA DEL CONDENSADOR, INCLUIDO TODOS LOS ACCESORIOS
10PCB11/12AP001	SISTEMA DE TUBERIA Y ALICANTILLADO
10PGB11/12AP001	BOMBAS DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB21/22AC001	ENFRIADORES DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PGB50B001	TANQUE DE EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACION INTERMEDIO
10PCA	EQUIPO DE DOSIFICACION DE HIDRACINA
10PCD	EQUIPO DE DOSIFICACION DE AMONACO
10SAP10	PANEL DE CONTROL SISTEMA DE VENTILACION
10SAM20 AN001/2	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE
10SAM30 AN001	UNIDAD DE EXTRACCION DE AIRE DEL CERRAMIENTO DE LA TURBINA DE GAS
10SGJ	SISTEMAS CONTRA INCENDIO A BASE DE CO2
10SHH	GRUAS

LEYENDA DE EDIFICIOS

10UMC	CONSTRUCCION PARA LA TURBINA DE GAS Y VAPOR
10UBA	CONSTRUCCION PARA LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION 62.63.65.66
10UBD	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE BAJA TENSION
10UBE	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES AUXILIARES DE ENERGIA DE MEDIA TENSION
10UBF	ESTRUCTURA PARA LOS TRANSFORMADORES GENERADORES
10UBX	ESTRUCTURA ESPECIAL (PLANTA ESPECIFICA)
10USA 01-03	ESTRUCTURA PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO, VENTILACION, CLIMATIZACION (HVAC)
00UZA	VIAS FERREAS Y CAMINOS DE MECANISMOS, INCLUIDO ESTRUCTURAS ASOCIADAS

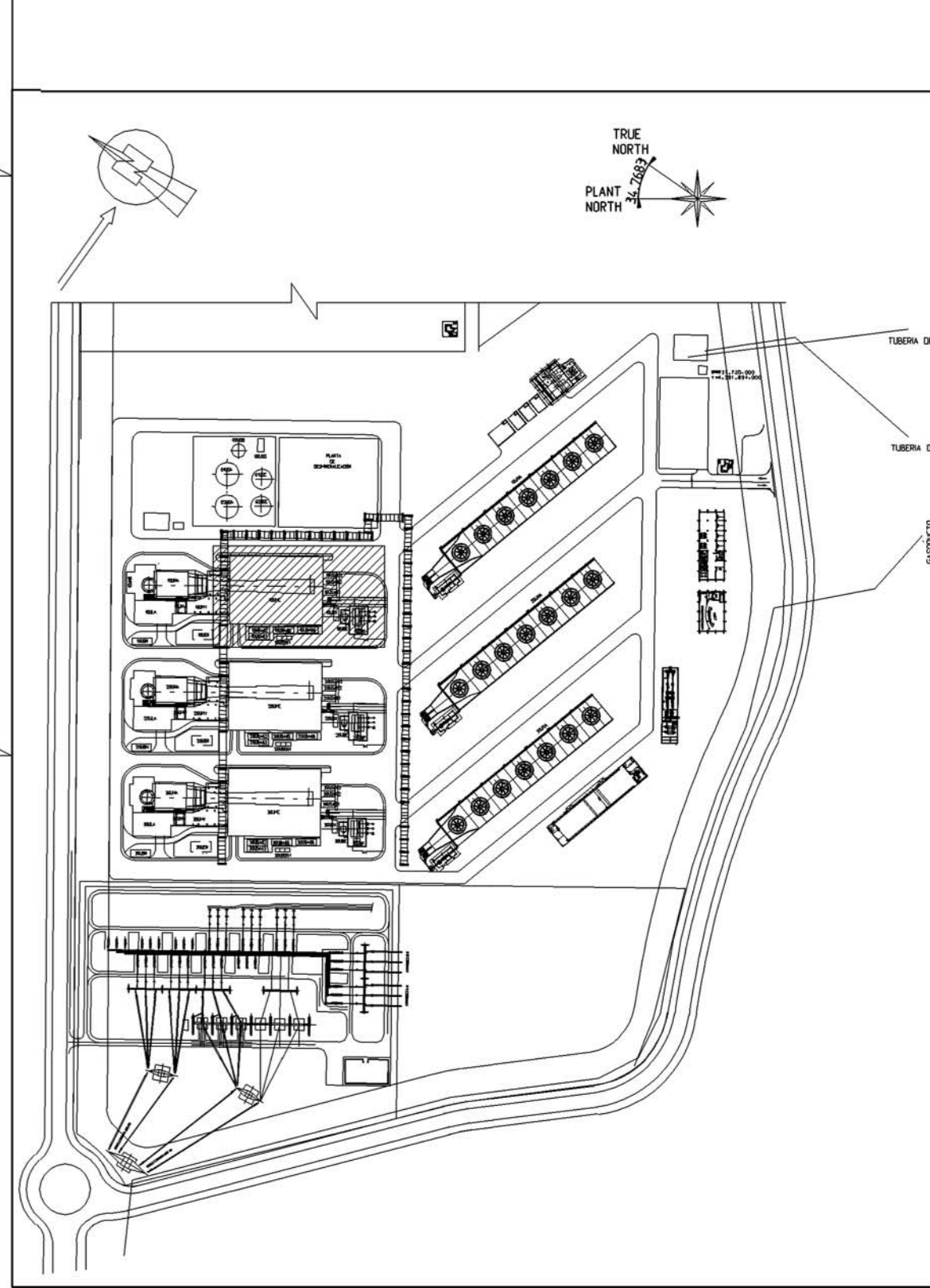
- LEYENDA**
- ▽ NIVEL DE PISO TERMINADO
 - ▨ REJILLA DE ACERO
- NOTAS:**
- SINO SE INDICA DE OTRA MANERA, TODAS LAS DIMENSIONES Y TODOS LOS NIVELES ESTAN INDICADOS EN METROS
 - NIVEL DE EDIFICIOS +0.00m = +4.10 m
 - NIVEL DE TERRENIO -0.30m = +3.90 m



SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RECINTOS

Ejemplo 10 UMC 02 23

Recinto	Piso	Edificio	Unidad
04	03	02	01
04	03	02	02
04	03	02	03
04	03	02	04
04	03	02	05
04	03	02	06
04	03	02	07
04	03	02	08
04	03	02	09
04	03	02	10
04	03	02	11
04	03	02	12
04	03	02	13
04	03	02	14
04	03	02	15
04	03	02	16
04	03	02	17
04	03	02	18
04	03	02	19
04	03	02	20
04	03	02	21
04	03	02	22
04	03	02	23



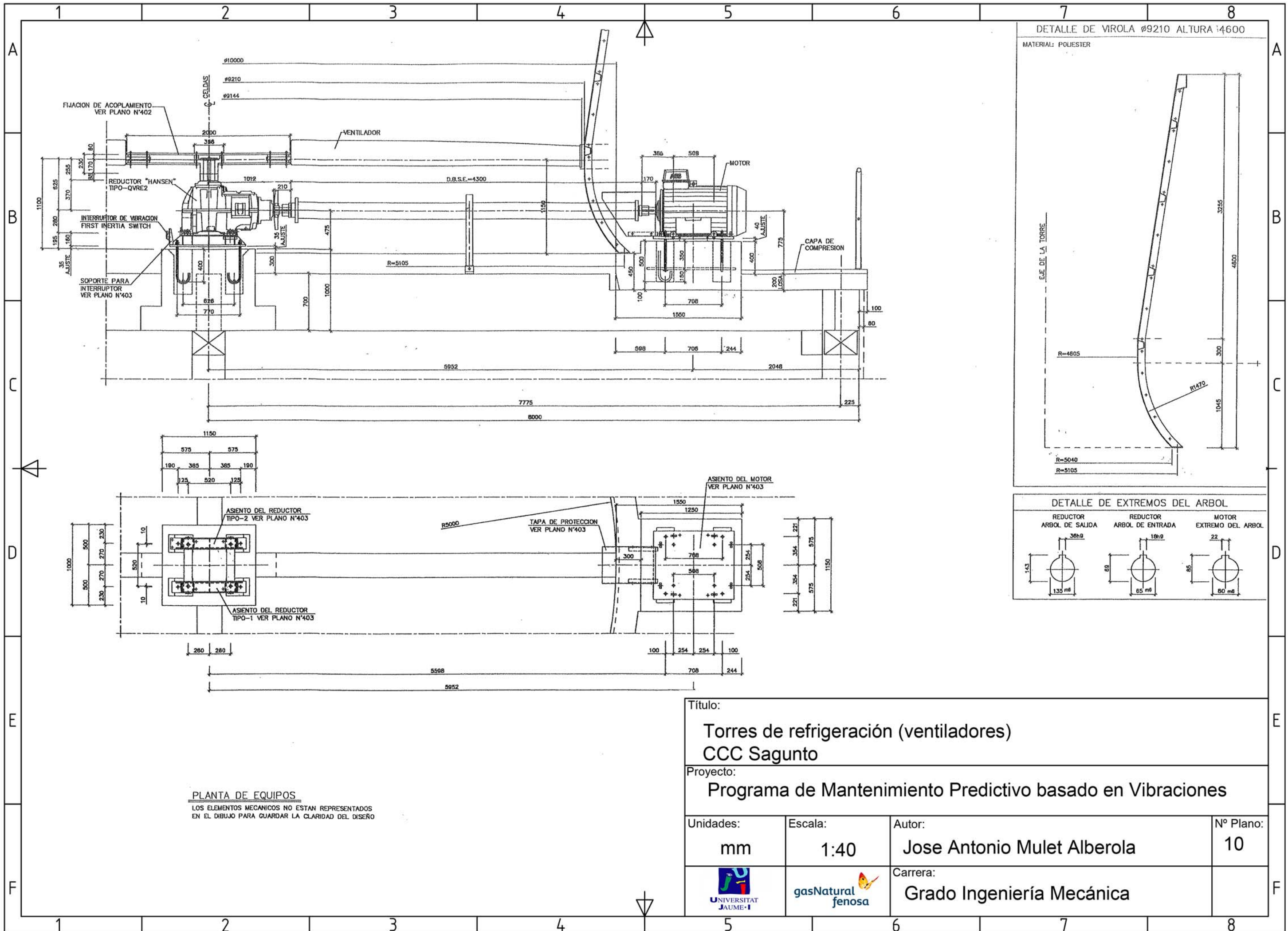
Filial: Edificio Turbinas (cota 4,5m) (con ruta)
 CCC Sagunto

Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones

Unidades: m Escala: 1:100 Autor: Jose Antonio Mulet Alberola Nº Plano: 9

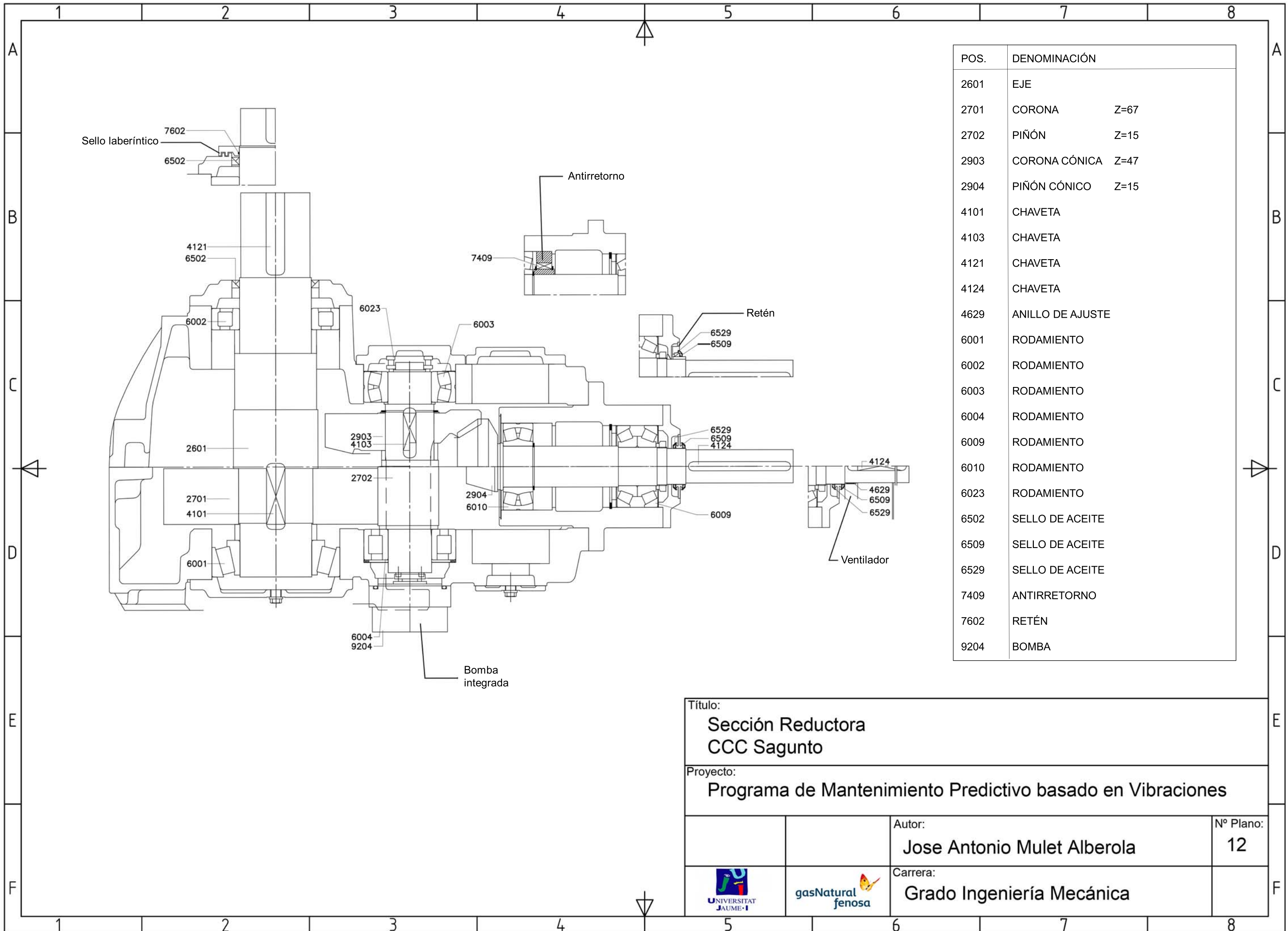
Carrera: Grado Ingeniería Mecánica

PLANTA +4.50m





PLANTA DE EQUIPOS
 LOS ELEMENTOS MECANICOS NO ESTAN REPRESENTADOS
 EN EL DIBUJO PARA GUARDAR LA CLARIDAD DEL DISEÑO

Título: Torres de refrigeración (ventiladores) CCC Sagunto			
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones			
Unidades: mm	Escala: 1:40	Autor: Jose Antonio Mulet Alberola	Nº Plano: 10
		Carrera: Grado Ingeniería Mecánica	



POS.	DENOMINACIÓN
2601	EJE
2701	CORONA Z=67
2702	PIÑÓN Z=15
2903	CORONA CÓNICA Z=47
2904	PIÑÓN CÓNICO Z=15
4101	CHAVETA
4103	CHAVETA
4121	CHAVETA
4124	CHAVETA
4629	ANILLO DE AJUSTE
6001	RODAMIENTO
6002	RODAMIENTO
6003	RODAMIENTO
6004	RODAMIENTO
6009	RODAMIENTO
6010	RODAMIENTO
6023	RODAMIENTO
6502	SELLO DE ACEITE
6509	SELLO DE ACEITE
6529	SELLO DE ACEITE
7409	ANTIRRETORNO
7602	RETÉN
9204	BOMBA

Título: Sección Reductora CCC Sagunto			
Proyecto: Programa de Mantenimiento Predictivo basado en Vibraciones			
		Autor: Jose Antonio Mulet Alberola	Nº Plano: 12
			Carrera: Grado Ingeniería Mecánica

Pliego de condiciones

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1	<i>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</i>	109
1.1	COMIENZO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	109
1.2	SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	109
1.3	BASES DE SENSORES	109
1.4	ANALIZADOR DE CAMPO	110
2	<i>CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN</i>	111
2.1	SENSORES	111
2.2	INSTALACIÓN	111
2.3	MEDICIÓN	112
3	<i>SEGURIDAD</i>	113

1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

1.1 COMIENZO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Es altamente recomendable comenzar el plan de mantenimiento con un seguimiento de menor envergadura e ir aumentándolo conforme se obtiene experiencia. De esta forma no se satura al personal, ni se sobrecarga la base de datos con excesiva información sin clasificar o analizar. Por este motivo, el plan de mantenimiento predictivo, debería ser aplicado para los equipos o sistemas catalogados como de criticidad alta y media. Una vez se observe un total control de la información sobre dichos equipos, podrá aumentarse el número de equipos controlados.

1.2 SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Resulta imperativo el uso de los puntos de control, donde se evaluarán los trabajos realizados y los que se realizarán en un futuro. Debido a que una planta industrial puede considerarse como un “organismo viviente”, ya que este cambia y evoluciona con el paso del tiempo, el programa de mantenimiento deberá cambiar con éste. Se entiende por cambios la introducción de nuevos sistemas, el cambio de equipos por otros más eficientes y/o complejos, la eliminación de equipos obsoletos, etc... Por este motivo, pueden tomarse los puntos de control como puntos de edición y evaluación del programa, para que siempre funcione y evolucione a la par, junto con la propia planta de producción.

La planificación mostrada en el apartado de memoria se implantará mediante la programación de gamas de medición de vibraciones, con la periodicidad establecida y sobre los sistemas enumerados. Las mediciones siempre serán realizadas por personal cualificado de la planta CCC Sagunto, mediante dichas gamas. Podrán ser llevado a cabo por personal de los departamentos de Mantenimiento o del departamento de Operación y Mantenimiento (O y M).

1.3 BASES DE SENSORES

Siempre que no estén los acelerómetros instalados, es recomendable el uso de tapas o tapones para evitar el deterioro de la superficie de contacto y las roscas de instalación.

En ocasiones, es posible que las bases instaladas sobre las máquinas se desprendan de su posición. El reemplazo deberá ser revisado por personal cualificado, de modo que se tengan en cuenta los diferentes ejes de medición.

1.4 ANALIZADOR DE CAMPO

Actualmente está disponible en planta el analizador DLI Watchman™ DCX que, mediante el Sistema Experto, es el encargado de analizar los resultados. Este software fue lanzado al mercado el año 2007, año que fue adquirido a través de la empresa Predictivo y Control, S.A. (Predycsa). Las características más importantes del equipo son las siguientes:

- Sistema Operativo Microsoft Windows XP.
- Disco duro estándar de 80 GB.
- Vida de la batería de 6 horas con administración de energía.
- Transferencia de datos vía cable USB o memoria USB.
- Red inalámbrica 802.11 a/b/g.
- Puerto Ethernet.
- Software de Análisis ALERT instalado.
- Acelerómetro triaxial Premium (5%) para la colección de datos de múltiples ejes/direcciones.
- Adquisición de datos simultánea en tres canales, mediante entradas BNC.
- Certificado para el mercado europeo (CE).

Las características de este equipo son suficientes para realizar los trabajos de mediciones periódicas. Sin embargo, es recomendable la actualización del software y hardware a versiones más actuales e intuitivas, que facilitarían el trabajo y la gestión de los datos.

2 CONTROL DE VIBRACIONES EN REDUCTORAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN

2.1 SENSORES

Los sensores a instalar deberán ser todos de idénticas características. La instalación se compone de tres sensores por reductora a medir. Las especificaciones de los sensores son:

- Tipo de sensor: acelerómetro uniaxial.
- Sensibilidad: 100 mV/g
- Tensión de funcionamiento: 12 V

El proveedor inicial de los sensores es la empresa Predictivo y Control, S.A. (Predycsa).

Para la colocación permanente de los sensores, se utilizarán sensores con cableado sellado y salida lateral. Los sensores serán instalados a la intemperie, bajo un ambiente salino, el cual es altamente corrosivo para las conexiones eléctricas. Un defecto en la conexión del sensor invalidaría por completo la medición.

Por otro lado, el ordenador de campo posee tres entradas de conexión coaxial BNC macho. Por tanto, los cables suministrados por los proveedores deberán ser conexiones de cable coaxial BNC hembra.

2.2 INSTALACIÓN

La instalación de los sensores podrá ser realizada por una empresa subcontratada para ello, o por el personal propio de Gas Natural. Los operarios siempre realizarán la colocación de los sensores de igual forma a lo establecido en el apartado correspondiente en la memoria. Resulta de gran importancia su colocación ya que, una colocación incorrecta, falsearía los resultados de las mediciones que a su vez acarrearía a errores a la hora de la reparación del equipo.

La instalación del cableado, ya sea de manera permanente o temporal, se realizará de la forma más ordenada y segura posible, asegurando los cables a estructuras fijas. El ambiente salino y con grandes turbulencias generadas por el ventilador de gran tamaño, podría desprender con facilidad los equipos de su emplazamiento.

2.3 MEDICIÓN

El analizador DLI Watchman™ dispone de un conector adaptador con tres entradas BNC macho para su conexión con los sensores de vibración. Dichas entradas se encuentran numeradas. Por tanto, el cable número 1 siempre deberá ser conectado al sensor que esté situado en posición radial, mientras que el cable número 2 debe conectarse siempre al sensor axial. La entrada 3 quedará, por tanto, sin conexión (se trata de la conexión tangencial, que resulta opcional).

Para el proceso de medición, primero se realizará la medición de los puntos asignados al motor (motor libre y motor acoplamiento). Después se procederá con la medición del eje de entrada (radial y axial), denominada en el analizador como localización número 3; y una vez efectuada, se procederá a la medición en el eje de salida (en este caso sólo la dirección radial, cable de entrada número 1 del analizador), denominada como localización número 4.

En la siguiente tabla se especifican las conexiones a realizar para una correcta medición con el analizador de campo.

Conexiones de los sensores de medición			
Localización	Sensor	Posición	Entrada adaptador
Motor lado libre [1]	Triaxial	-	-
Motor lado acoplamiento [2]	Triaxial	-	-
Reductora lado motor [3]	Uniaxial	Radial	Entrada 1
	Uniaxial	Axial	Entrada 2
	-	-	Entrada 3
Reductora lado ventilador [4]	Uniaxial	Radial	Entrada 1
	Uniaxial (adicional)	Axial	Entrada 2
	-	-	Entrada 3

3 SEGURIDAD

Todo el personal que, por su trabajo, necesite realizar una salida a campo (fuera de las oficinas) está obligado a equiparse con los siguientes equipos de protección individual (EPIs):

- Ropa reflectante.
- Casco.
- Gafas de protección.
- Botas de seguridad.

Siempre que vaya a realizarse un trabajo, se deberán cumplimentar tantos permisos de trabajo como se requieran. Para el trámite de los permisos de trabajo se seguirá lo establecido en el procedimiento interno PE.0410.ES-UC.OP: “Gestión de permisos de trabajo”, de Gas Natural. Si el contratista necesitase instalar medios adicionales de protección (tales como tierras portátiles, candados, etc...), deberá comunicarlo previamente al inicio de los trabajos al Técnico de Mantenimiento Eléctrico. De esta forma, el técnico debe dejarlo indicado en la solicitud de permiso de trabajo. La gestión de estos medios adicionales de protección se llevará a cabo conforme a la instrucción técnica IT.00504.GN-UC.OP: “Utilización y Control de Elementos Adicionales de Protección en Trabajos”. No se admitirá el uso de ningún elemento adicional que no esté recogido en el permiso de trabajo.

Las mediciones de las vibraciones se deben realizar con la máquina en su punto de funcionamiento. Por tanto, derivados de estos trabajos existen ciertos riesgos que deben tenerse en cuenta. Estos riesgos se enumeran a continuación:

- Riesgo por contactos eléctricos directos e indirectos; debidos a derivaciones o mal funcionamiento de los equipos, o contactos con los bornes alimentados.
- Riesgo por atrapamientos; debido a las partes móviles de la propia máquina.
- Riesgo por quemaduras; debido al contacto con la superficie de las máquinas, las cuales pueden encontrarse a altas temperaturas.
- Riesgo por ruido excesivo; debido al propio funcionamiento de las máquinas.

Como se incluyen en el Plan de Seguridad e Higiene de la planta CCC Sagunto, los operarios deberán ir equipados con los equipos de protección individual (EPIs) correspondientes, para minimizar la exposición o evitar los riesgos anteriormente citados. A su vez, existen señales específicas de uso de equipos de protección, instalados por toda la planta, cuya misión es la de informar al personal de los riesgos y obligaciones.

Durante la instalación de los sensores, el equipo deberá estar siempre parado y en descargo, para evitar su puesta en marcha de forma accidental. Derivados de los trabajos de instalación, es posible que se requieran trabajos en altura que introduzcan nuevos riesgos, además de los riesgos anteriormente nombrados. Dichos trabajos deberán realizarse por operarios cualificados para tales aplicaciones. Siempre deberán estar equipados con los EPIs correspondientes (cinturones de seguridad, arneses anti caídas, porta herramientas, etc...) que se requieran.

Presupuesto

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1	CUESTIONES GENERALES	119
2	COMPONENTES	119
3	FORMACIÓN	120
4	IMPLANTACIÓN	120
5	RESUMEN	120

1 CUESTIONES GENERALES

A continuación se detallan los costes que acarrea la instalación del programa de mantenimiento predictivo en todos los equipos de CCC Sagunto.

En equipos de fácil acceso, el sensor utilizado es el propio que se suministra con el analizador de campo. Sin embargo, existen equipos que necesitan la instalación de sensores permanentes, dada la dificultad o imposibilidad de acceso para su medición. Estos equipos son:

- Bombas principales de circulación (sistema PAC).
- Ventiladores de torres (sistema PAC).

En el resto de equipos de planta cuenta con bases de medición instaladas.

2 COMPONENTES

Por grupo de generación existen 106 puntos de inspección, mientras que en planta existen 19 puntos que requieren de bases para los sensores (tomando equipos de criticidad alta y media). Hacen un total de 337 bases.

De igual forma, existen siete equipos de ventiladores (tres puntos de medición y uno adicional) y dos bombas de circulación (tres puntos de medición), por grupo.

Presupuesto componentes			
Componente	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio (€)
Analizador de campo + sensor triaxial	1	3.250	3.250
Bases sensores	337	3	1.011
Sensores fijos + cableado	34	225	7.650
TOTAL			11.911

3 FORMACIÓN

Se requiere que los operarios reciban cierta formación mínima para poder realizar las mediciones de la forma correcta. Esta formación se realiza en forma de cursos presenciales, tanto para ingenieros como para mecánicos.

Presupuesto formación			
Componente	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio (€)
Formación operarios	7	847	5.929
TOTAL			5.929

4 IMPLANTACIÓN

La implantación efectuada por los operarios de CCC Sagunto conlleva una serie de costes debidos a la mano de obra. Estos costes se reflejan en la siguiente tabla.

Presupuesto componentes				
Componente	Tiempo (horas)	Precio unitario (€/hora)	Cantidad	Precio (€)
Instalación ventiladores	3	24,58	21	1.548,54
Instalación bombas	2,5	24,58	6	368,7
Instalación bases	0,25	24,58	216	1.327,32
TOTAL				3.244,56

5 RESUMEN

Presupuesto	
Componentes	11.911 €
Formación	4.900 €
Implantación	3.244,56 €
TOTAL	20.055,56 €