



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

*INGENIERITZA GOI ESKOLA TEKNIKOA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
BILBAO*

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PLANTA DE COGENERACIÓN DE 5
MW CON MACI PARA UNA FÁBRICA
DE CONSERVAS**

Beatriz Gutiérrez Gutiérrez

Máster en Ingeniería Industrial

Dirigido por Víctor de la Peña Aranguren

Curso académico
2015/2016

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

DOCUMENTO I. MEMORIA	8
1 INTRODUCCIÓN	10
2 CONTEXTO Y ANTECEDENTES.....	12
3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	13
3.1 ¿QUÉ SON LAS CONSERVAS?	13
3.2 HISTORIA DE LAS CONSERVAS.....	13
3.3 PROCESO PRODUCTIVO DE UNA FÁBRICA DE CONSERVAS.....	14
3.3.1 RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS.....	15
3.3.2 LAVADO	16
3.3.3 DESCABEZADO Y EVISCERADO.....	16
3.3.4 COCCIÓN.....	17
3.3.5 ENFRIAMIENTO.....	18
3.3.6 FILETEADO.....	18
3.3.7 ENVASADO.....	19
3.3.8 ADICIÓN DEL LÍQUIDO DE COBERTURA.....	21
3.3.9 VACÍO Y CIERRE DEL ENVASE.....	21
3.3.10 LAVADO DEL ENVASE.....	23
3.3.11 ESTERILIZACIÓN.....	23
3.3.12 ENFRIAMIENTO.....	26
3.3.13 ETIQUETADO	27
3.3.14 ALMACENAMIENTO.....	28
4 INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN.....	29
4.1 ALTERNATIVAS.....	32
4.1.1 TURBINAS DE VAPOR	32
4.1.2 TURBINAS DE GAS.....	34
4.1.3 MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA (MACI).....	36
4.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA	40
5 DATOS DE PARTIDA.....	41
6 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL. CÁLCULOS.	43
7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN	49
7.1 FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA.....	49
7.2 MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	50
7.3 CALDERA DE RECUPERACIÓN	53
7.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	57
7.5 SISTEMAS AUXILIARES	60
8 ANEXO.....	61
8.1 ANEXO I.....	61
8.1.1 ¿QUÉ ES LA COGENERACIÓN?	61
8.1.2 ANTECEDENTES DE COGENERACIÓN EN EUROPA.....	65
8.1.3 ANTECEDENTES DE COGENERACIÓN EN ESPAÑA.....	66
8.1.4 ANTECEDENTES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	68
8.1.5 ANTECEDENTES LEGISLATIVOS Y NORMATIVA EN ESPAÑA.....	71

DOCUMENTO II. <u>PLIEGO DE CONDICIONES</u>	78
CONDICIONES TÉCNICAS	80
9 OBJETIVO	80
10 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	80
11 CONDICIONES GENERALES	80
11.1 Seguridad en el trabajo.....	80
11.2 Gestión medioambiental.....	81
11.3 Códigos y normas.....	81
11.4 Condiciones para la ejecución de contrata	81
12 DATOS TÉCNICOS	82
13 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	83
14 SEGURIDAD	85
CONDICIONES CONTRACTUALES	87
15 INTRODUCCIÓN Y BASES FUNDAMENTALES.....	87
16 ALCANCE DEL SUMINISTRO Y SERVICIOS	87
17 PRECIO DEL PROYECTO.....	88
17.1 Plazo de validez de la oferta	88
17.2 Condiciones del precio.....	88
17.3 Condiciones de facturación.....	89
18 EJECUCIÓN DEL PROYECTO	89
18.1 Plazos.....	89
18.2 Definiciones.....	90
18.2.1 Entrega de equipos	90
18.2.2 Inicio de explotación.....	90
18.2.3 Recepción provisional.....	90
18.2.4 Prueba de rendimiento	91
18.2.5 Retraso en pruebas.....	91
18.2.6 Recepción definitiva.....	91
19 GARANTÍAS.....	92
19.1 Garantías de diseño, construcción y mantenibilidad.....	92
19.2 Garantías de disponibilidad.....	92
19.3 Garantías de soporte.....	93
19.4 Garantías de ejecución.....	93
19.5 Garantía financiera.....	93
20 PENALIZACIONES.....	93
20.1 Penalizaciones sobre el plazo de entrega.....	93
20.2 Penalizaciones sobre prestaciones	94
20.2.1 <u>Por disponibilidad del suministro</u>	94
20.2.2 <u>Por disminución de la potencia del conjunto motor-generador</u>	94
20.2.3 <u>Por aumento de consumo del combustible en el grupo</u>	94
21 MODIFICACIONES.....	94
22 SEGUROS.....	95
23 OBLIGACIÓN	95
24 FUERZA MAYOR.....	95
25 RETRASOS	96
26 RESCISIÓN DEL PEDIDO	96

27	NORMATIVA Y PERMISOS.....	96
28	ARBITRAJE Y LEY APLICABLE.....	97
29	INSTALACIONES PROVISIONALES Y UTILIZACIÓN DE SERVICIOS.....	97
30	ORGANIGRAMA DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	98
30.1	DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	98
30.2	CORRESPONDENCIA Y PERSONAL DE ENLACE	98
30.3	SUPERVISIÓN DE FABRICACIÓN Y RECEPCIÓN.....	98
30.4	AUTORIZACIÓN DE SUBCONTRATACIONES.....	98
30.5	PERSONAL CONTRATADO O SUBCONTRATADO.....	98
31	MEDIOS AUXILIARES	99
32	CONFIDENCIALIDAD.....	99
33	ENTRADA EN VIGOR.....	99
	DOCUMENTO III. <u>PRESUPUESTO</u>	102
34	INTRODUCCIÓN	104
35	GANTT.....	105
36	PRESUPUESTO	109
36.1	PRESUPUESTO DE INGENIERÍA Y DISEÑO DE OBRA.....	109
36.2	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MEJORAS EN LA INSTALACIÓN.....	110
37	RENTABILIDAD	113

ÍNDICE DE FIGURAS:

Ilustración 1. Proceso Productivo en la Fábrica de Conservas	14
Ilustración 2. Envasado del producto	20
Ilustración 3. Autoclave Vertical	24
Ilustración 4. Autoclave Horizontal	25
Ilustración 5. Ciclo de Cogeneración con Turbina de Vapor	33
Ilustración 6. Turbina de Vapor	33
Ilustración 7. Turbina de Gas	35
Ilustración 8. Ciclo de Cogeneración con Turbina de Gas	36
Ilustración 9. Motor Alternativo de Combustión Interna.....	37
Ilustración 10. Ciclo de Cogeneración con MACI	38
Ilustración 11. Comparación de los sistemas de cogeneración	39
Ilustración 12. Sistema de Cogeneración a implantar	43
Ilustración 13. Ficha Técnica Motor ROLLS-ROYCE (I).....	46
Ilustración 14. Ficha Técnica Motor ROLLS-ROYCE (II)	47
Ilustración 15. Ciclo de un MACI de 4 tiempos.....	52
Ilustración 16. Datos del motor.....	52
Ilustración 17. Caldera de Recuperación.....	53
Ilustración 18. Economizador	54
Ilustración 19. Diagrama Pinch Point y Approach Point	56
Ilustración 20. Sistema de Refrigeración del motor Rolls-Royce.....	58
Ilustración 21. Ahorro de Energía Primaria	62
Ilustración 22. Contribución de la Cogeneración a los objetivos de Política Energética.....	63
Ilustración 23. Electricidad de Cogeneración y cobertura respecto a la electricidad bruta producida según países	66
Ilustración 24. Porcentaje de Cogeneración en 1998, según países	67
Ilustración 25. Cogeneración en España según sectores.....	69
Ilustración 26. Combustibles en el Sector Alimentario.....	70
Ilustración 27. Clasificación según el tipo de energía.....	75
Ilustración 28. Diagrama del cambio legislativo en Cogeneración.....	76
Ilustración 29. Datos Técnicos del Motor	82
Ilustración 30. Medidas correctoras para reducir el impacto ambiental del proyecto	84
Ilustración 31. Límite de emisiones de contaminantes.....	85
Ilustración 32. Gantt del Proyecto - TAREAS	105
Ilustración 33. Gantt del Proyecto - TAREAS CRÍTICAS.....	106
Ilustración 34. Gantt del Proyecto - MDT en Tareas Críticas.....	107
Ilustración 35. Gantt del Proyecto - MARGEN DE DEMORA TOTAL	108

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

DOCUMENTO I.

MEMORIA

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

1 INTRODUCCIÓN

La cogeneración es la producción simultánea de energía eléctrica y energía térmica a partir de un mismo combustible, tales como el gas natural o el petróleo, cerca de los puntos de consumo. Por su alta eficiencia, el uso de cogeneración es una oportunidad única de mejorar la intensidad energética de nuestra economía.

Es por tanto un sistema que aprovecha la energía del combustible primario de un modo más eficiente que las tecnologías de producción separadas, como son las centrales de producción eléctrica de régimen ordinario o las calderas de producción de calor.

Así, las centrales eléctricas convencionales tiene eficiencias del 40% al 55% disipando al ambiente entre el 45% y el 60% de la energía del combustible, mientras la cogeneración puede alcanzar rendimientos globales del 75% y 80%, disipando entre el 20% y 30% con rendimientos eléctricos equivalentes (directamente comparables con la central convencional del orden del 75%).

En este proyecto se va a estudiar la posibilidad de instalar una planta de cogeneración en una fábrica de conservas de pescado. Una conserva no es más que el resultado de un proceso de manipulación de alimentos que va a evitar o ralentizar su deterioro, conservando las propiedades del producto durante un período más largo de tiempo.

En su proceso productivo, las conservas de pescado necesitan tanto energía eléctrica como energía térmica. La energía eléctrica será necesaria en etapas del proceso productivo en las que se requiera máquinas, como el envasado o el cierre de las latas. En cambio, la energía térmica en forma de vapor a altas presiones y temperaturas, se requerirá en puntos de operación como la cocción del producto, el vacío de las latas o la esterilización de los envases.

Es por estos motivos que resulta tan interesante el estudio de la instalación de una planta de cogeneración en este sector de la industria. Para ello, será indispensable el cumplimiento de unas condiciones especiales para su implantación, que se verán más adelante.

Por tanto, se estudiará en profundidad el proceso productivo de la fábrica en la que se quiere instalar la cogeneración, para ver las etapas en las que mejor encajaría el sistema. Se analizarán diferentes alternativas para la instalación de la planta, siempre teniendo en cuenta los beneficios que aportan al proyecto, así como los riesgos que conllevarían.

Además, en el Anexo I se contará con información acerca de la cogeneración y sus antecedentes en Europa y España. Se dispondrá de datos sobre la aplicación en el sector de la alimentación, en el cual se encuentran incluidas las conservas, y se tomarán las correspondientes cifras en nuestro país, sobre la instalación de este tipo de plantas en el sector, que servirán de ayuda para el estudio y la implantación de este proyecto concreto. Por supuesto, se realizará siempre respetando la normativa vigente en la Unión Europea y en España, que también se explicará más adelante.

2 CONTEXTO Y ANTECEDENTES

La empresa objeto de estudio en este proyecto se encuentra ubicada en Galicia, donde la industria conservera tiene gran peso. Se trata de una empresa de tamaño mediano. Por motivos de confidencialidad, no se puede mencionar el nombre de la empresa concreta, por lo que a partir de ahora la llamaremos 'CONSERVAS DE GALICIA'.

Hasta ahora, esta empresa utilizaba un sistema muy común, que muchas empresas todavía usan: obtener energía eléctrica de la red y generar el vapor necesario en una caldera convencional quemando un combustible fósil, en este caso, gas natural.

Se ha decidido realizar este estudio por dos motivos principalmente:

- Disminución de los costes energéticos, aumentando la competitividad de la empresa en el sector
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Por consiguiente, este proyecto abarcará una descripción detallada del funcionamiento y los elementos generales de la planta de cogeneración, el cálculo de la potencia adecuada a la fábrica objeto de estudio, así como la elección de los equipos adecuados.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1 ¿QUÉ SON LAS CONSERVAS?

Una conserva es el resultado de un proceso de manipulación de los alimentos que va evitar o ralentizar su deterioro (pérdida de calidad y valores nutricionales), es decir, va a permitir preservarlos en las mejores condiciones posibles durante un largo periodo de tiempo.

El objetivo final de la conserva es mantener los alimentos preservados de la acción de microorganismos capaces de modificar las condiciones sanitarias y sus características organolépticas. El periodo de tiempo que se mantienen los alimentos en conserva es muy superior al que tendrían si la conserva no existiese.

3.2 HISTORIA DE LAS CONSERVAS

Desde siempre, el hombre ha querido conservar los alimentos que cazaba, pues éstos se desagradaban muy rápidamente. Al principio usaba hielo para tal efecto, y más tarde se dio cuenta de que la sal y el aceite, además de condimentar, también servían para conservar. Otro sistema, que los egipcios empleaban mucho para conservar el pescado, era el ahumado.

Es en 1810 cuando un maestro confitero francés llamado Nicolás Appert halla el método de conservación basado en el uso de agua hirviendo con recipientes cerrados. Con ello se inició la técnica de conservación de alimentación por calor.

Posteriormente, la invención del envase hermético de hojalata aportó mayor resistencia y logró prevenir el efecto de la luz, evitando la pérdida de

vitaminas. También se creó el autoclave, utilizado para la esterilización a temperaturas por encima de 100°C. Ambos sistemas contribuyeron a que las conservas esterilizadas por calor se consolidaran como uno de los sistemas de conservación de alimentos más eficaces y seguros.

3.3 PROCESO PRODUCTIVO DE UNA FÁBRICA DE CONSERVAS

El objetivo principal en la fabricación de conservas de pescado es la obtención de productos de buena calidad y que sean rentables. Para ello, habrá que realizar un control de calidad, desde la materia prima hasta el producto final.

El proceso



Ilustración 1. Proceso Productivo en la Fábrica de Conservas

A continuación, se describirá con detalle el proceso productivo que tiene lugar en la fábrica en la que se realizará el dimensionamiento de la planta de cogeneración.

3.3.1 RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Ésta es la etapa del proceso productivo en la cual las materias primas son recibidas en la fábrica.

Lo primero que habrá de hacerse será observar que la materia prima es de primera calidad, tanto desde el punto de vista microbiológico como del bioquímico. Resulta aconsejable añadirle abundante hielo, puesto que la calidad del pescado comienza a deteriorarse tan pronto como éste muere, y esto ayuda a asegurar una buena calidad del alimento. Es más, el hielo también ayuda a impedir que la materia prima se altere, porque durante la manipulación posterior a su captura, de camino a la fábrica de conservas, es inevitable que se contaminen con bacterias u otros microorganismos.

En esta primera etapa habrá que controlar los siguientes factores:

- Temperatura de la materia prima:
En los productos frescos, el pescado debe tener una temperatura entre los 0°C y 4°C. En los productos congelados, la temperatura deber ser inferior a -18°C. Estos controles han de llevarse a cabo en todas las partidas recibidas independientemente de su procedencia o especie.
- Aspecto de la piel y aplastamiento de la carne:
En este caso, se habrá de realizar una observación visual del color de la piel y la mucosidad del pescado, así como de posibles grietas y magulladuras que pueda haber en la carne del pescado. Para pasar el control de calidad el pescado debe de tener la piel y la carne entera, y un color homogéneo sin decoloraciones.
- Enranciamiento, observación del color y olor de las zonas subcutáneas y externas en pescado fresco y congelado. Es imprescindible la ausencia de zonas amarillentas en la carne del pescado y el olor a “rancio”.

Es también muy importante en esta etapa la codificación de las materias primas, a las cuales se les asignará un número de lote, mediante el cual se podrá conocer en cualquier momento el historial de ese pescado.

Otro paso importante a llevar a cabo es el pesado. Con él, se conocerá el rendimiento obtenido con cada unidad, permitiendo destacar aquellas materias primas que sean más interesantes de comprar, teniendo en cuenta que dependiendo del tamaño y de la época de pesca, los resultados pueden ser diferentes.

3.3.2 LAVADO

Todos los pescados que van a ser procesados requerirán un lavado. Esta segunda operación va a tener dos objetivos. Por un lado, se eliminará la contaminación que pueda resultar peligrosa para la salud o ser desagradable a la vista, como la sangre o agregados, como conchas. Y por otro lado, se controlará la carga microbiana y las reacciones químicas que dificulten el procesado posterior, alterando la calidad del producto final.

3.3.3 DESCABEZADO Y EVISCERADO

Los pescados suelen estar decapitados en la zona de la yugular. El descabezado se realizará mediante cortes rectos y limpios, que no aplasten ni magullen la carne, es decir, la superficie del corte debe quedar libre de asperezas. Esto es así, ya que si los cortes producen desgarros en la carne, se favorece la entrada de los microorganismos superficiales en el músculo, arruinando el producto.

Por su parte, el eviscerado consiste en la eliminación de las vísceras (intestinos), sangre, suciedad y mucus que se encuentran en la materia prima, pudiendo las dos primeras provocar putrefacción o descomposición.

Se realiza de forma manual o mecánica, a elección de cada fábrica, realizando un corte en el abdomen en cualquier caso. En este caso, la fábrica tiene unos operarios que realizan esta tarea manualmente. Se utilizan mesas grandes y cuchillos de acero inoxidable, previamente lavados y desinfectados.

Entonces, una vez descabezado, el pescado pasa ante un disco con orificios donde mediante una bomba de vacío se aspiran las vísceras, que se recogen en un depósito especial. El manejo y mantenimiento de estos equipos es muy sencillo.

3.3.4 COCCIÓN

En esta industria, la experiencia a lo largo de los años ha determinado que la cocción al vapor tiene efectos más positivos que la cocción en agua. La piel se desprende con mayor facilidad, la carne se deshidrata parcialmente, se eliminan aceites naturales y confiere las propiedades de textura y sabor deseables al producto. Es por esto que se decide realizar la cocción del pescado al vapor. Ahora bien, es importante que la cocción sea la correcta puesto que influye en el rendimiento y en la calidad del producto.

Por tanto, en esta fase será de vital importancia medir diferentes factores: el tiempo de cocción, la temperatura del vapor, la temperatura de la espina central. También resulta imprescindible observar visualmente el producto y verificar que tiene la textura adecuada.

Para medir estos parámetros, una vez limpiado y descabezado, el pescado se coloca manualmente en unas parrillas para ser cocido a 100°C al vapor. Como ya se ha dicho, la cocción del producto es una de las partes más relevantes en el proceso productivo. No hay ningún tiempo estimado de cocinado, depende siempre del tamaño y la grasa que tenga el pescado. Es decir, dependerá de la procedencia de la especie y la temporada de pesca en la que nos encontremos.

Luego indicar los tiempos de cocción es una tarea muy delicada, ya que un exceso de tiempo dejaría al pescado seco y poco jugoso, provocando una pérdida de rendimiento, mientras que si se cuece poco, también disminuirá el rendimiento, pero en este caso debido a que el pescado se desmoronará en las manos de los operarios, además de que tendría un porcentaje elevado de agua.

Como resulta complicado saber a simple vista el punto de cocción en el que se encuentra el producto, se utilizan dos métodos para verificarlo. En ambos casos, se saca una pieza del equipo de cocción y una vez obtenida, tenemos dos opciones: bien observar la firmeza y estructura de la carne, o bien dividir el pescado en dos partes y cogiendo la espina central, quebrarla y observar si el tendón interior se rompe o se estira como una goma. En caso de romperse, significa que el producto aún no está cocido perfectamente y habría que dejarlo más tiempo.

3.3.5 ENFRIAMIENTO

Tras su cocción, es necesario que el producto se deje enfriar, generalmente durante la noche, hasta alcanzar una temperatura que permita una adecuada manipulación. Esto se consigue dejando las parrillas en lugares frescos y el tiempo de enfriamiento dependerá del tamaño del pescado. Además, durante el enfriamiento se produce la oxidación de la capa aceitosa superficial. Ésta se eliminará en la siguiente operación: limpieza y fileteado del producto.

3.3.6 FILETEADO

Una vez transcurrido el tiempo de enfriamiento, se procede al fileteado y limpieza, que consiste en quitarle al pescado la piel, la espina dorsal y la

cola, con el fin de obtener los filetes más limpios posibles. Esta operación es la que más mano de obra requiere en el proceso productivo.

Luego en esta fase habrá que eliminar todos los restos de espinas, piel y sangre así como zonas oscurecidas para a continuación realizar los filetes. Los cortes deberán ser hechos longitudinalmente al cuerpo del pescado: cortes limpios y sin desgarros, y se obtendrán cuatro filetes limpios de una pieza. Después, todos los filetes son pesados y al comparar con los kilos brutos, se puede obtener el rendimiento por lote fabricado, mencionado anteriormente.

3.3.7 ENVASADO

Tras obtener los filetes, se recortan manualmente, para después seleccionarlos y empacarlos. De manera distinta, las conservas se introducen en las latas según el tipo y la forma del envase y del producto.

A la hora de enlatar, hay que tener en cuenta diferentes criterios para realizar la operación correctamente:

- El pescado pequeño deber ser envasado de una pieza entera
- El tamaño de las piezas de un envase debe ser lo más homogéneo posible
- El número de piezas dentro de un mismo lote debe ser similar
- Para el pescado envasado en tronco o bloque, debe quedar un espacio suficiente para el líquido de cobertura

Por otro lado, el envasado es un proceso que requiere mucho control, sobre todo en el peso. Y puede llevarse a cabo mecánicamente o manualmente. Siempre se realiza en las condiciones adecuadas para evitar deformaciones en los envases debido a las altas temperaturas durante el proceso de esterilización, que se verá más tarde.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Las mesas de envasado varían considerablemente, aunque el objetivo es siempre el mismo: garantizar un suministro constante de pescado y latas al equipo de envasado. Suelen ser mesas de acero inoxidable con dos zonas, la parte superior donde se reciben las latas vacías, y la parte inferior, que es una cadena transportadora que lleva las latas llenas al túnel de vacío.



Ilustración 2. Envasado del producto

Es importante lavar las latas antes de llenarlas. Además, los filetes de pescado deben cortarse de acuerdo al tipo de envase en el que se introducirán y habrá que colocarlos de forma atractiva y simétrica en las latas, presionando el producto con una prensa para dejar un espacio libre superior (de entre 3 y 5 mm) para conseguir un buen vacío.

3.3.8 ADICIÓN DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

Esta etapa consiste en rellenar el envase con el líquido, que dependiendo del caso, podrá ser aceite de oliva, aceite vegetal, escabeche (mezclando vinagre, agua y sal) o tomate (mezcla de tomate, agua, aceite y sal), entre otros.

La cantidad de líquido de cobertura debe oscilar entre el 10% y el 35% de la capacidad del envase, variando ésta según diferentes factores, como el producto que sea, la forma de presentación, las dimensiones del envase o lo que se indique en la etiqueta.

3.3.9 VACÍO Y CIERRE DEL ENVASE

Una operación esencial en este proceso productivo es el vacío o expulsión del aire del interior de las latas, antes de cerrarlas. Esto ayuda al sellado durante la esterilización o a reducir los cambios bioquímicos que pudieran ocurrir, entre otras cosas.

Este proceso de vacío se puede conseguir por diferentes procedimientos:

- Evacuación por el calor: consiste en calentar el contenido de las latas inmediatamente antes de cerrarlas, mientras atraviesan un túnel de vapor que esta a una temperatura de entre 65°C y 75°C, extrayendo así el aire del producto.
- Evacuación mecánica: el aire que contienen las latas se extrae usando máquinas separadoras de vacío
- Inyección de vapor: el vacío se consigue inyectando una corriente de vapor en el espacio superior.

En esta fábrica, el método usado es la evacuación por calor, pasando a través del túnel de vapor.

Una vez salen de esta primera fase, y después de echarles la sal correspondiente, pasan por unos inyectores que son tubos de acero inoxidable que tienen una hilera de agujeros por los que se les va agregando un aceite caliente para ayudar al vacío. El aceite se introducirá lentamente, para darle tiempo a que penetre en el pescado antes de cerrar las latas.

Tras el vacío, los envases se cierran herméticamente. El hermetismo de la lata vacía debe comprobarse al inicio de la jornada laboral y cada vez que se modifique algún parámetro de la máquina que cierra las latas. Se comprueba inyectando aire a presión, con el envase sumergido en agua, hasta llegar a la deformación permanente.

Por otro lado, la forma en la que se realiza el cierre es muy importante para impedir la descomposición del producto y evitar el paso de material contaminante al interior del envase después de esterilizado.

Por ello, es indispensable tener máquinas bien calibradas y de sólida construcción dentro del proceso productivo, que logren un buen cierre. Habrá que comprobar su correcto funcionamiento, realizando controles de calidad cada cierto tiempo.

Existen dos tipos de máquinas para realizar el cierre:

- Máquinas semiautomáticas: cierran entre 20 y 30 latas por minuto
- Máquinas automáticas: cierran más de 100 latas por minuto

El tamaño y forma de los envases, así como la velocidad del volumen de producción previsto son factores muy relevantes a la hora de elegir la máquina. Además, suele ser habitual que estas máquinas realicen la codificación del producto, es decir, se imprime a presión un código, la fecha

de elaboración y el tipo de producto que es, para facilitar su clasificación más adelante.

En este caso, la empresa dispondrá de una máquina de cierre semiautomática.

3.3.10 LAVADO DEL ENVASE

En esta fase, se lavan los envases con soluciones de detergentes calientes, para sacar la suciedad ocasionada en el llenado del envase y al adicionar el líquido de cobertura.

Suele ser habitual que las máquinas de lavado dispongan de cadenas transportadoras, provistas de unos tubos de acero inoxidable que tienen hileras de agujeros y una bomba para lograr la continuidad del flujo del detergente, que lavará las latas con el producto ya envasado.

Después, las latas, ya lavadas, caen en unos carros que las transportan hasta los autoclaves. Estos carros se fabrican con planchas de metal perforadas, de manera que el vapor se distribuya uniformemente para todas las latas de conservas.

3.3.11 ESTERILIZACIÓN

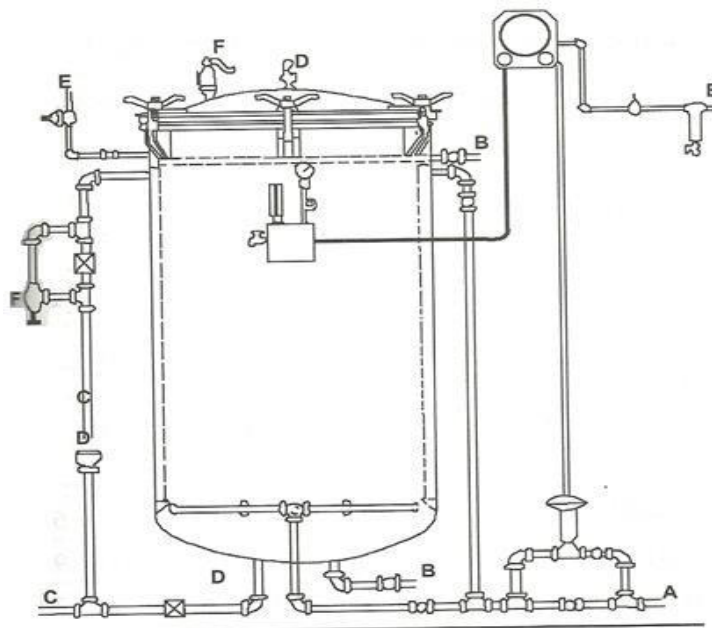
A continuación, se procede a la esterilización. Esta operación es crucial, ya que la conservación de las propiedades del producto depende del uso correcto de esta técnica.

La esterilización consiste en emplear vapor a altas temperaturas, para eliminar así todos los microorganismos y bacterias patógenas sensibles a la temperatura y resistentes al calor. Se somete al producto a una temperatura

entre 110°C y 120°C, durante períodos de tiempo controlados, específicos para cada tipo de producto.

Así, estas condiciones garantizan la seguridad y calidad del producto, manteniendo sus propiedades y cualidades nutricionales. Y gracias a estas técnicas de manipulación, envasado y conservación, los productos se almacenan sin necesidad de refrigeración.

Antiguamente, la esterilización se realizaba mediante baños de agua caliente, hasta que llegaron los autoclaves, sustituyendo este método. Los autoclaves son cámaras en las que se lleva a cabo la esterilización, con vapor a presión; son de forma cilíndrica y pueden ser horizontales o verticales.



- A. VAPOR.
- B. AGUA.
- C. DESAGÜE, REBOSADERO.
- D. VÁLVULAS DE ESCAPE, VÁLVULAS DE PURGA.
- E. AIRE.
- F. VÁLVULAS DE SEGURIDAD, VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN.

Ilustración 3. Autoclave Vertical

esterilización deber ser inferior a una hora. Por lo tanto, en ningún caso deben quedar envases sin tratar al final de la jornada laboral.

Otra característica a tener en cuenta es que todos los envases cargados en el autoclave deberán ser de las mismas dimensiones y contener el mismo producto y líquido de cobertura. Sólo podrían admitirse tamaños de envase o productos diferentes siempre que el proceso fuera exactamente idéntico.

Además del control de temperatura y presión, es de vital importancia eliminar completamente el aire que haya en el autoclave, ya que con la presencia de aire, la temperatura que se alcanza a cualquier presión siempre será inferior a la que se obtendrá con vapor solo. El aire también disminuye la penetración de vapor. Por estas razones, en la parte superior hay una tubería de purgas, que permanecerá abierta durante esta operación, y se colocan termómetros y manómetros para controlarla. Otros elementos en los autoclaves son válvulas de seguridad, repartidores de vapor y agua, ...

3.3.12 ENFRIAMIENTO

Una vez terminado el tratamiento térmico de las latas (esterilización), éstas se deben enfriar rápidamente con el fin de parar la acción del calor ejercido por el vapor, ya que se perjudicaría el valor nutritivo del producto. Para ello existen tres métodos que se explican a continuación:

- Enfriamiento al aire libre: se extraen del autoclave los carros con los envases de las conservas y se dejan enfriar al aire. Es un sistema muy sencillo, práctico y el más barato, pero como desventajas hay que tener en cuenta que ocupa mucho espacio y requiere más tiempo de enfriamiento.

- Enfriamiento con agua: cuando se enfría con agua hay que tener cuidado de que esté bacteriológicamente limpia, y de que tenga cloro. Además, las latas no deben enfriarse por debajo de los 37°C, para poder retener el suficiente calor que permita un secado rápido, evitando así que se estropee el producto. La ventaja de este sistema frente al anterior es que es más rápido.
- Enfriamiento bajo presión: cuando acaba la esterilización, se corta la emisión de vapor y se introduce agua fría. La presión del aire se mantiene hasta que se haya enfriado el producto. Después se va reduciendo poco a poco según va avanzando el enfriamiento. Este método debe usarse para envases grandes ovales, ya que mediante este sistema se mantiene la presión interna de la lata, y no se deforman en el cierre. Por ello, la presión ejercida debe ser superior a la del interior del envase.

En general, el enfriamiento debe ser muy rápido, en cualquiera de los tres sistemas, llegando a los 40°C en el centro del envase en menos de 10 minutos, dependiendo del tamaño del envase.

En CONSERVAS DE GALICIA se realiza el enfriamiento al aire libre, por ser el más conveniente.

3.3.13 ETIQUETADO

Cada envase deberá estar etiquetado. El contenido mínimo del etiquetado será: denominación del producto, forma de presentación, peso neto, peso escurrido, capacidad normalizada del envase, relación de ingredientes, identificación del fabricante y fecha de consumo preferente.

3.3.14 ALMACENAMIENTO

Una vez etiquetados, los envases se empaquetaran en cajas y se procederá a su embalaje, que deberá ser de un tamaño tal que se impida el movimiento de los envases. Deberán apilarse en jaulas o a una altura reducida para evitar aplastamientos. La manipulación de los embalajes siempre debe ser cuidadosa, para evitar golpes que puedan abollar los envases, afectar el cierre y por tanto, comprometer su hermetismo, además de dejar un aspecto malo para la venta. Finalmente, el producto se almacenará en un local limpio y seco.

4 INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN

En este proyecto, el objetivo es la implantación de un sistema de cogeneración en una fábrica de conservas de pescado. Pero para poder realizar la instalación, se habrán de cumplir unas **condiciones** que se detallan a continuación:

- Consumo elevado de energía térmica (calor y/o frío)
- Horas de producción anuales > 5.000 (es el mínimo, más habitual para obtener resultados son 6.000 horas de producción anuales)
- Disponer del combustible elegido de forma continua y fiable
- Disponer de punto de conexión a la Red Eléctrica
- Cumplir con el Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE). El REE es un indicador intrínseco de la eficiencia de la planta de cogeneración, donde no se integran correcciones como las pérdidas evitadas en la red eléctrica. El REE mínimo es la base para la retribución del complemento de eficiencia y para la inclusión en el Régimen Especial. Se mide mediante la siguiente fórmula:

$$\text{REE} = E / (Q - (V/0'9))$$

Donde :

E son los kWh/año de energía eléctrica producida en el motor

Q son los kWh/año de consumo de gas natural

V son los kWh/año aprovechados en forma de calor

Si no se tiene en cuenta los gases que van a la caldera de recuperación, V sería igual a cero, y entonces el rendimiento sería el eléctrico ($\eta = E/Q$). Y si no se aprovecha ese calor, el negocio no es rentable, no merece la pena generar esa electricidad.

Por tanto, los valores del REE mínimos a cumplir para poder realizar la instalación de cogeneración serán:

$$\text{MACI} \geq 55\%$$

$$\text{TG} \geq 59\%$$

Una vez comprobado el cumplimiento de las condiciones anteriores, hay que tener en cuenta muchos factores y las diferentes opciones que hay para satisfacer las necesidades requeridas.

Para conocer todas las alternativas de las que se dispone, se estudiarán los elementos necesarios en una planta de cogeneración.

ELEMENTOS DE UNA PLANTA DE COGENERACIÓN:

- I. Fuentes de Energía Primaria: Gas Natural

- II. Máquina motriz:
 - Turbinas de vapor (TV)
 - Turbinas de gas (TG)
 - Motores alternativos de combustión interna (MACI)

- III. Sistemas de recuperación de calor:
 - Calderas de recuperación
 - Secaderos
 - Hornos, con aire comburente (O_2 + gases)
 - Intercambiadores de calor
 - Sistemas de post-combustión de gases de escape de TG

- IV. Sistemas de aprovechamiento de la energía mecánica:
 - Generador eléctrico
 - Accionamientos mecánicos, como bombas, molinos, compresores para comprimir el gas licuado,...

V. Sistemas auxiliares:

- Sistemas de control
- Transporte de la energía eléctrica
- Conexión a la red de distribución
- Sistemas de evacuación del calor residual

Por tanto, de todos los elementos mencionados, sólo la máquina motriz tendrá especial importancia a la hora de diseñar la instalación de cogeneración, pues es el elemento que mayor efecto tiene sobre el proceso.

4.1 ALTERNATIVAS

Como ya se ha dicho, las diferentes alternativas que se barajan son a la hora de elegir la máquina motriz. Se disponen de tres opciones en el mercado: Motores Alternativos de Combustión Interna (MACI), Turbinas de Gas (TG) y Turbinas de Vapor (TV).

4.1.1 TURBINAS DE VAPOR

En este sistema, se produce energía mecánica mediante la expansión del vapor a alta presión procedente de una caldera convencional. Las TV se clasifican en función de la presión de salida del vapor de dicha turbina, siendo a contrapresión si la presión está por encima de la atmosférica, y a condensación si la presión se encuentra por debajo de la atmosférica.

El uso de esta turbina fue el primero empleado en cogeneración. Actualmente, sin embargo, para que la cogeneración con TV sea rentable, son necesarias dos condiciones:

- 1) Que sobre vapor del proceso industrial, es decir, cuando el proceso es exotérmico, como ocurre en la fabricación del HNO_3 y H_2SO_4 . Son los únicos procesos rentables exotérmicos, ya que el calor sobrante que hay que retirar al ambiente, se introduce en una caldera para generar vapor y después turbinarlo en la TV.
- 2) Que se disponga de combustible gratis, como por ejemplo, biomasa.

A continuación se muestran algunas imágenes del ciclo y el equipo correspondiente (TV):

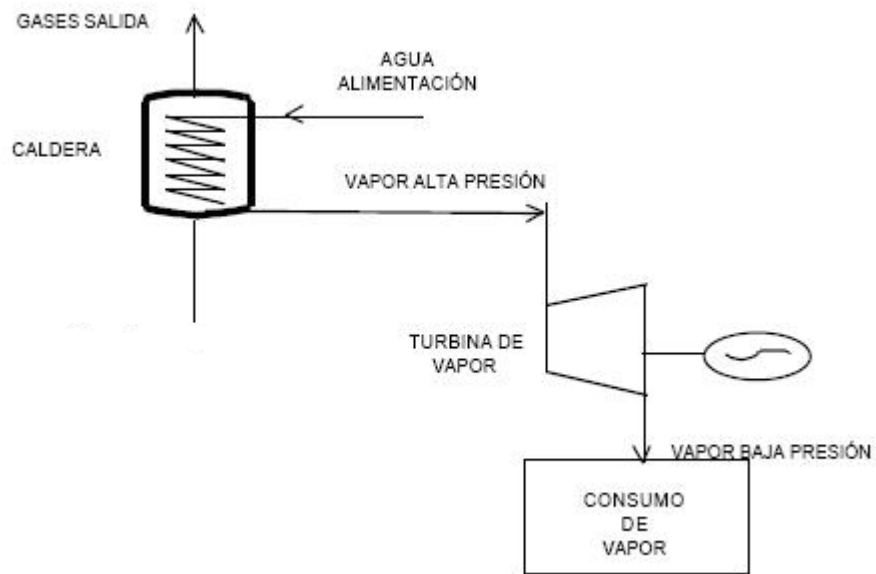


Ilustración 5. Ciclo de Cogeneración con Turbina de Vapor

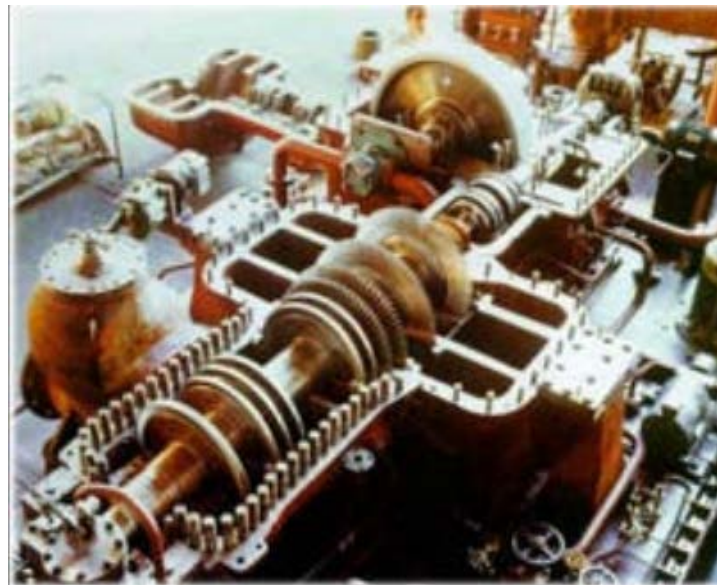


Ilustración 6. Turbina de Vapor

Como no se cumple ninguna de estas dos condiciones, se desecha la alternativa de instalación de una TV, ya que sería ruinoso por necesitar una caldera que genere el vapor además de la propia TV.

4.1.2 TURBINAS DE GAS

En la cogeneración con turbina de gas, se quema el combustible (gas natural en este caso) en una cámara, para a continuación introducir los gases resultantes en una turbina, donde parte de la energía se transforma en energía mecánica, y a su vez, con la ayuda de un alternador, en energía eléctrica.

Su rendimiento eléctrico ronda el 30-35%, inferior al de los MACI, pero permiten una fácil recuperación del calor, a partir de los gases de escape que se encuentran a unos 500°C, aprovechable en una caldera de recuperación para la generación de vapor requerida en el proceso productivo.

Por tanto, el sistema constará de una turbina de gas y una caldera de recuperación, que generará vapor directamente a la presión de utilización de la planta asociada a la cogeneración.

Su aplicación será adecuada cuando las necesidades de vapor sean importantes, es decir, de un flujo superior a las 10 t/h de vapor. Esto ocurre en numerosas industrias como alimentación, química, papelera...

Otras **características relevantes** de este sistema son:

- Rango desde 0'5 a 100 MW
- Gases con alto contenido en oxígeno (hasta 300%), siendo posible la postcombustión
- Elevada temperatura de la energía térmica
- Puesta en marcha y en carga rápidas
- No se requiere agua ni ningún tipo de refrigeración
- Costes bajos de instalación por potencia instalada y de mantenimiento

Aunque también presenta los siguientes **inconvenientes**:

- Disponibilidad de tamaños reducida, dentro de su rango de potencias

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

- Rendimientos inferiores a los MACI, en torno al 30-35%
- Problemas de ruidos y emisiones de NO_x
- Para procesos continuos, difícil regulación y bajos rendimientos a carga parcial
- Periodos de mantenimiento largos
- Paradas limitadas por reducción de vida útil

Hay dos tipos:

- Turbinas AERODERIVADAS:
 - De propulsión aérea reconvertidas
 - Tienen buenos rendimientos debido a los álabes cerámicos y refrigerados, ya que las temperaturas son elevadas (1.500 °C)
 - Potencias de hasta 50 MW
 - Arranque rápido pero vida útil menor
- Turbinas de gas INDUSTRIALES:
 - Inversión inicial más cara pero mantenimiento más barato
 - Tienen mejoras para alcanzar eficiencias similares a las aeroderivadas a menor temperatura
 - Potencias de hasta 250 MW
 - Puede usar fuel como combustible

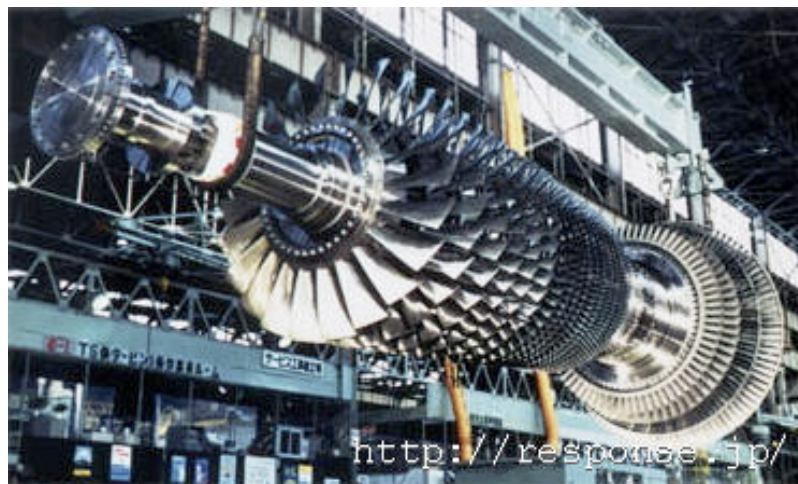


Ilustración 7. Turbina de Gas

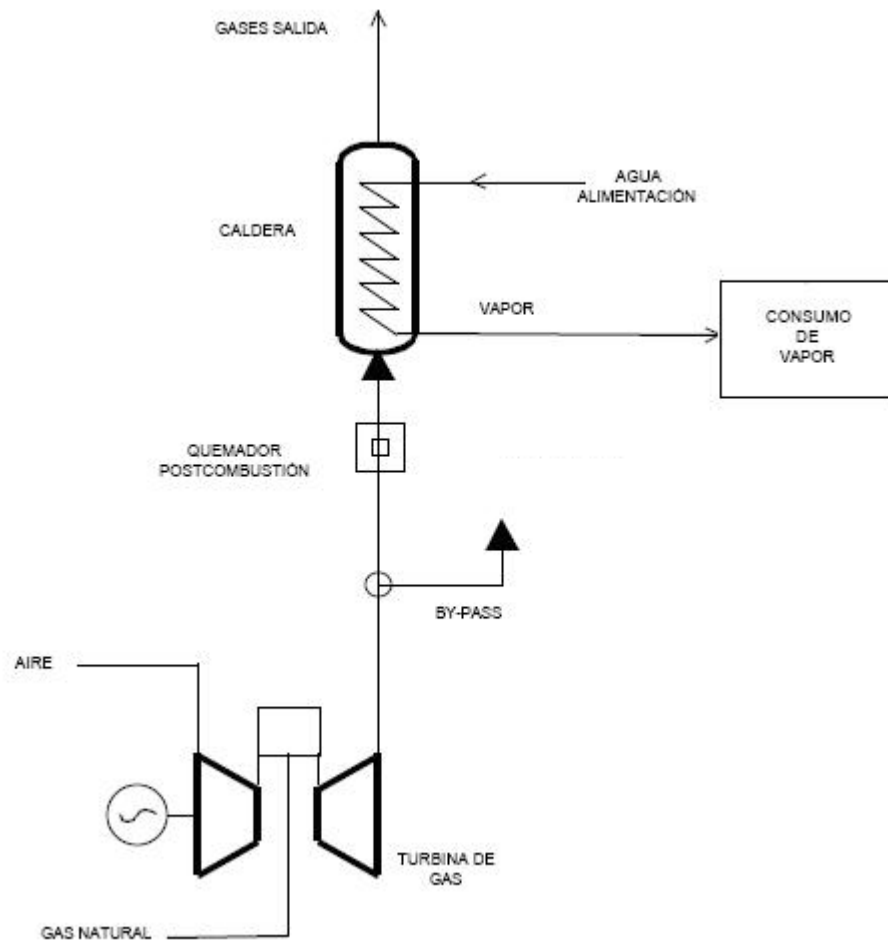


Ilustración 8. Ciclo de Cogeneración con Turbina de Gas

4.1.3 MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA (MACI)

Los motores alternativos de combustión interna (MACI) son máquinas volumétricas consistentes en un dispositivo cilindro-émbolo en el que se produce una reacción de combustión, transformando la energía liberada en un efecto motor útil mediante un mecanismo de biela-manivela, y también en forma de calor. Se basan en dos tipos de ciclos termodinámicos: ciclo Otto y ciclo Diesel.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Su rango de aplicación en cuanto a potencia eléctrica va de los 5 kW hasta los 15 MW, aunque para aplicaciones superiores a los 8-10 MW se prefieren otros sistemas, como turbinas de gas.

Son máquinas muy eficientes eléctricamente pero poco eficientes térmicamente. El sistema de recuperación térmica se diseña en función de los requisitos de la industria y en general, se basan en la producción de vapor a baja presión (hasta 10 bares).

Son también adecuados para la producción de frío por absorción, utilizando directamente el calor del agua de refrigeración en máquinas de simple efecto o a través del vapor generado con los gases en máquinas de doble efecto.



Ilustración 9. Motor Alternativo de Combustión Interna

Sus **ventajas** más relevantes son:

- La eficiencia eléctrica en MACI es elevada, superior a la que se puede obtener con otras tecnologías, teniendo rendimientos entre el 40-47%
- Gran variedad de combustibles que pueden utilizar
- Tecnología muy probada y fiable

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

- Buenas eficiencias a carga parcial y flexibilidad de funcionamiento, permitiendo responder de forma casi instantánea a las fluctuaciones de la potencia sin aumentar prácticamente el consumo específico
- Elevada relación electricidad/calor
- Energía térmica muy distribuida y a temperatura más baja (400°C)
- Arranque fácil y tiempo de vida largo: instalaciones con parada diaria
- Poco volumen e inversión baja en equipos auxiliares
- Coste de adquisición relativamente bajos
- Capacidad de adaptación a variaciones de la demanda

Como **inconvenientes**, en cambio:

- Necesitan sistema de refrigeración, aunque no se aproveche el calor residual
- Coste elevado por potencia instalada y de mantenimiento
- Fuerzas internas no equilibradas, que requieren bancadas robustas y aislantes
- Problemas de ruidos

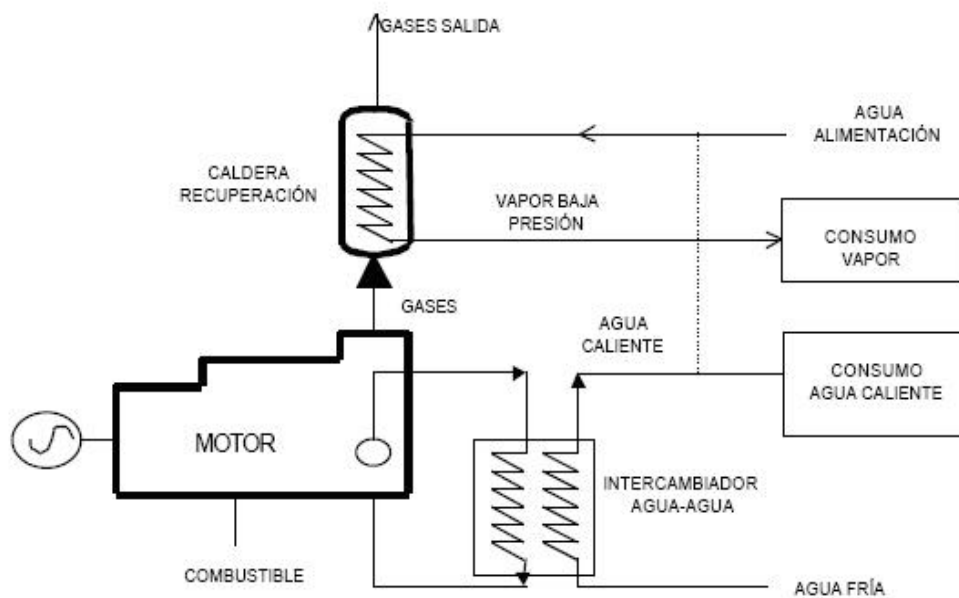


Ilustración 10. Ciclo de Cogeneración con MACI

En la siguiente figura se tiene una comparación entre diferentes características de las tecnologías mencionadas hasta ahora.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

	MACI C.DIESEL	MACI C.OTTO	TURBINA DE VAPOR	TURBINA DE GAS		MICRO- TURBINA	PILA DE COM- BUSTIBLE
				CICLO SIMPLE	CICLO COMBINADO		
η eléctrico (PCI)	30-50%	25-45%	30-42%	25-40%	40-60%	20-30%	40-70%
Rango P (MW)	0,01-30	0,15-5	---	3-200		0,025-0,25	0,2-2
Espacio requerido (m ² /kW)	0,02	0,02-0,03	<0,01	0,002-0,06		0,014-0,14	0,06-0,4
Coste instalación (€/kWe)	780-1480		780-950	670-860		480-1240	>2850
Coste OM* (€/kWh)	0,005- 0,008	0,007- 0,015	0,004	0,002-0,008		0,002-0,01	0,003- 0,015
Disponi- bilidad	90-95%	92-97%	≈100%	90-98%		90-98%	>95%
h entre puestas pto.	Anual	Anual	>50000	30000-50000		5000-40000	10000- 40000
t arranque	10s	10s	1h-1día	10min-1h		60s	3h-2días
Presión combus- tible (bar)	<0,35	0,07-3	---	8,5-35		3-7	0,04-3
Combustible	Gasoil, aceites residuales	GN, biogás, propano	Todos	GN, biogás, propano, aceites destilados		GN, biogás, propano, aceites destilados	H ₂ , GN, propano
Ruido	Moderado a alto (requiere edificio cerrado)	Moderado a alto (requiere edificio cerrado)	Moderado a alto (requiere edificio cerrado)	Alto (requiere edificio cerrado)		Moderado (requiere edificio cerrado)	Bajo (no requiere aislamient o)
NOx (Kg/MWh)	1,36-15	1-12,7	0,82	0,14-1,82		0,18-1	0,009
Uso para calor recuperado	AC, vapor BP, "district heating"	AC, vapor BP, "district heating"	Vapor BP-AP, "district heating"	Calor directo, AC, vapor BP-AP, "district heating"		Calor directo, AC, vapor BP	AC, vapor BP
Tempera- tura aprove- chable (°C)	82-480	150-260	---	260-595		205-345	60-370

Ilustración 11. Comparación de los sistemas de cogeneración

4.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA

Se sabe que la fábrica en la que se quiere llevar a cabo la implantación del sistema de cogeneración es de mediano tamaño. Con lo cual, las necesidades térmicas y eléctricas no serán excesivas.

Como ya se ha dicho, el rango de aplicación en cuanto a potencia de las turbinas de gas TG va desde 0'5 hasta 100 MW y los motores alternativos de combustión interna MACI desde 5 hasta 15 MW. Por ende, cualquiera de las dos opciones sería válida, suponiendo que nuestro sistema rondará los 5 MWe.

Sin embargo, se sabe que los MACI son especialmente adecuados para instalaciones de cogeneración de potencia media-baja, menor de los 8-10 MWe. Y eso, junto con la notablemente superior eficiencia eléctrica de los motores, además de una inversión menor en equipos y una mayor vida útil de los mismos, hace idóneo el sistema con MACI para el caso que compete.

Por lo tanto, se concluye que la alternativa seleccionada que va a adecuarse mejor a la planta de cogeneración que se quiere implantar en la empresa 'CONSERVAS DE GALICIA' será una instalación con MACI y una caldera de recuperación CR que junto con otros sistemas auxiliares sacarán el máximo partido a la energía generada.

5 DATOS DE PARTIDA

Con la implantación del sistema de cogeneración se quieren cumplir los siguientes objetivos:

- Disminuir los costes energéticos de la fábrica, gracias al aumento de la eficiencia energética proveniente de la producción simultánea de calor y electricidad
- Al aumentar la eficiencia, se disminuye el consumo de gas natural, y por tanto, se consigue minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera
- Reducir el consumo de energía primaria, maximizando el potencial de autogeneración nacional y disminuyendo la importación de combustibles fósiles
- Aumentar la flexibilidad de la fábrica en cuanto a demandas térmicas, pudiendo soportar las fluctuaciones sin problemas

Teniendo estos objetivos claros y después de analizar el proceso productivo, habrá que marcar los puntos en los que se puede aprovechar el calor residual del motor, en forma de vapor. Dichas etapas son: COCCIÓN, VACÍO y ESTERILIZACIÓN.

La cocción se realiza en unas parrillas en las que se introduce vapor saturado a 100°C. Para la etapa de vacío, se introducen los envases en un túnel de vapor cuya temperatura asciende a unos 65-75°C. Por último, en la esterilización se somete al producto a una temperatura entre 110°C y 120°C, para eliminar los microorganismos y bacterias que puedan dañar el pescado.

Como se observa, las temperaturas de vapor necesarias para el proceso productivo son diferentes para cada etapa. Por ello, se ha determinado que, para simplificar la instalación, se generará vapor saturado a 10 bar y se

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

adecuarán las presiones y temperaturas a lo requerido en cada una de estas tres etapas, mediante bombas, intercambiadores de calor, etc.

Es decir, el dato principal del que se partirá es el flujo de vapor (m_v) que es necesario generar en la instalación para aportar al proceso productivo y en las condiciones requeridas. Esto es, se generarán 4'7 t/h de vapor saturado a 10 bar, lo que suponen 1'3 kg/s.

Al igual que el flujo de vapor, 'CONSERVAS DE GALICIA' dota a este estudio de otros datos como la disponibilidad de la planta, que será de unas 6.000 horas al año.

Por otro lado, la potencia contratada para el funcionamiento de la planta será de 1.500 kW.

6 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL. CÁLCULOS.

Una vez conocidos los datos de partida, nos disponemos a realizar los cálculos energéticos para el dimensionamiento de la planta de cogeneración. Hasta ahora, 'CONSERVAS DE GALICIA' disponía de una caldera convencional con quemador, en el que el combustible era el gas natural.

Lo que se quiere con este proyecto es sustituir esa caldera convencional por un sistema formado por un motor alternativo de combustión interna (MACI) que genere energía eléctrica, y una caldera de recuperación que genere el vapor a proceso. El sistema sería el siguiente:

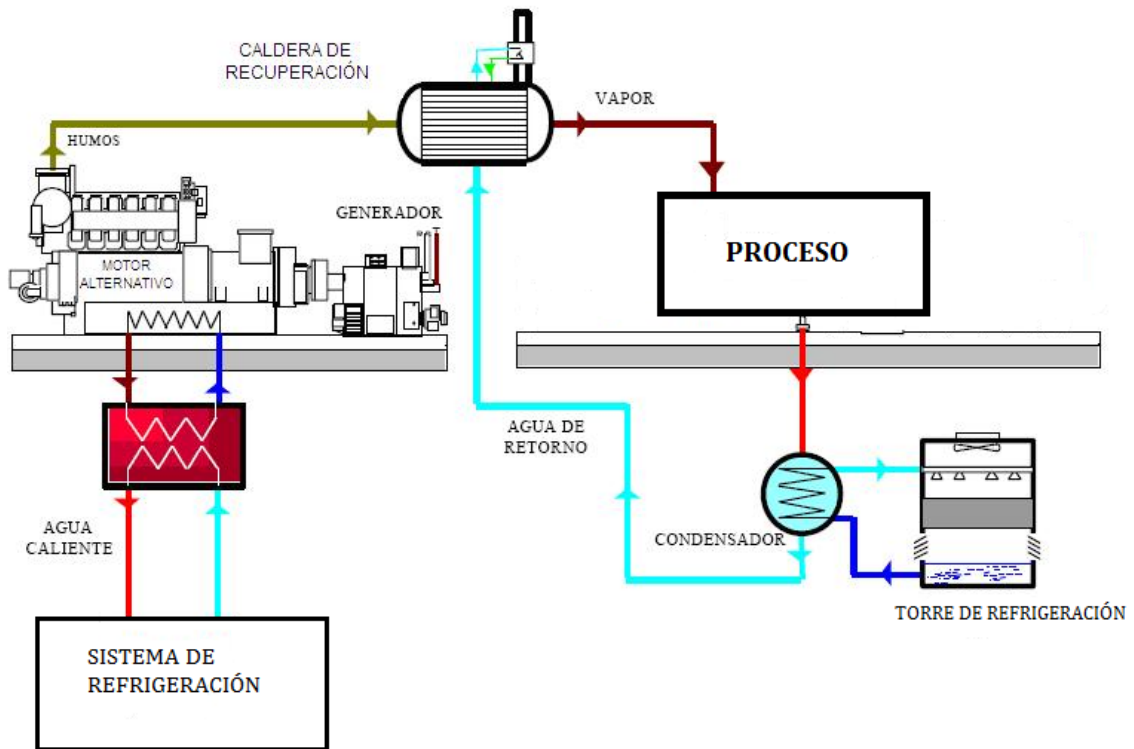


Ilustración 12. Sistema de Cogeneración a implantar

Por tanto, se partirá de los datos mencionados anteriormente para llevar a cabo el primer dimensionamiento, basado en las necesidades térmicas de la fábrica, es decir, el flujo de 4'7 t/h de vapor.

Además, junto con estos datos, será necesario realizar los siguientes supuestos:

- El combustible que se quemará en el MACI, que como ya se ha dicho seguirá siendo gas natural, , tendrá un PCI = 37.600 kJ/Nm³.
- Los gases de salida del motor tendrán las siguientes características:

$$Cp_g = 1'07 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_g = 410 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_g' = 130 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- La temperatura del agua de recirculación, antes de entrar en la bomba de agua de alimentación (BAA) será $T_3 = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$.

En cuanto a las características del motor, se supondrán los siguientes rendimientos:

- Rendimiento eléctrico del motor: $\eta_e = 43\%$
- Rendimiento de los gases de salida: $\eta_g = 23\%$
- Rendimiento del circuito de alta temperatura AT: $\eta_{AT} = 22\%$
- Rendimiento del circuito de baja temperatura BT: $\eta_{BT} = 6\%$
- Rendimiento en pérdidas: $\eta_p = 6\%$

Con todas las suposiciones y los datos de partida tomados, se procede a realizar un **Balance de Energía en la Caldera de Recuperación:**

$$m_g \cdot Cp_g \cdot (T_g - T_g') = m_v \cdot (h_2 - h_1)$$

En la ecuación anterior se conocen tanto el calor específico de los gases de salida del motor (Cp_g) como las temperaturas de los gases a la entrada y salida de la caldera de recuperación (T_g, T_g') y el flujo másico de vapor a proceso (m_v).

Por tanto, quedan tres incógnitas. Las entalpías del circuito de agua a la entrada y salida de la caldera de recuperación (h_1 , h_2) no son conocidas por el momento, pero sabiendo que el agua en el punto (1) entra a 90°C:

$$h_1 = 4'18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 90^\circ\text{C} = 376 \text{ kJ/kg}$$

Y en el punto (2) sale vapor saturado a 10 bar, que buscando en las tablas del agua se obtiene:

$$h_2 = 2778 \text{ kJ/kg}$$

Así, la única incógnita pendiente en la ecuación es el flujo másico de los gases de salida del motor que, despejando, quedará:

$$\begin{aligned} m_g \cdot 1'07 \cdot (410 - 130) &= 1'3 (2778 - 376) \\ m_g &= 10'4 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

La potencia de los gases será entonces:

$$W_g = 3.123 \text{ kW}$$

Ahora, con la potencia W_g y los rendimientos de los gases de salida supuesto anteriormente se puede obtener el consumo de combustible:


$$\begin{aligned} \eta_g &= 0'23 = W_g / Q_c \\ Q_c &= 3.123 / 0'23 = 13.578 \text{ kW} \end{aligned}$$

Finalmente, de Q_c y con el rendimiento eléctrico del motor se puede obtener la potencia eléctrica del motor W_e :

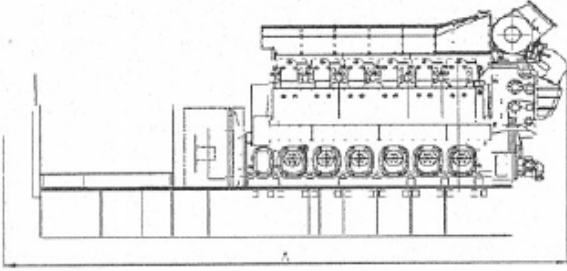
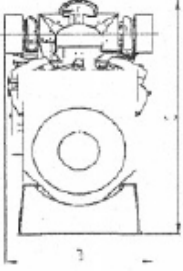
$$\begin{aligned} \eta_e &= 0'43 = W_e / Q_c \\ W_e &= 0'43 \cdot 13578 = 5839 \cong 5.840 \text{ kW} \end{aligned}$$

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Con este primer dimensionamiento, se consigue una potencia eléctrica We aproximada al valor final que se requiere. Por ello, con los 5.840 kW se busca en los catálogos motores que satisfagan estas necesidades.


Rolls-Royce

type B35:40 V12AG, 50Hz

Engine type	Dimensions[mm]			Weight[tons]	
	A	B	C	Engine(dry)	Generator
B35:40 V12	10390	2712	4620	56,5	26
Bore/Stroke	mm	350/400		Total inc.found 91,5	
Engine speed	min ⁻¹	750			

Exhaust gas raw emissions (mg/nm³, 5% O₂)

NOx	CO	NMHC
500	650	130

Load	%	100	75	50
Electrical output	kW	5085	3810	2520
Mechanical outout	kW	5210	3910	2595
Specific energy consumption:	kJ/kWh	7575	7725	8460
Fuel gas consumption:	kW	10960	8390	6095
Charge air cooler LT/HT:	kW	460 / 580	245 / 255	125 / 45
Lub.oil cooler:	kW	595	545	500
Jacket water cooler (heat diss. Eng.)	kW	730	560	440
Exhaust mass:	kg/h	28100	21500	14900
Exhaust gas temperature:	°C	415	460	485
Lub.oil consumption:	g/kWh	0,4	0,4	0,3
Norm. el. Efficiency :	%	46,4	45,4	41,3

The performance data is based on:

- All technical data are valid at 100% load, including two engine driven pumps (lub. oil and jacket water).
- Without engine driven pumps, subtract 0,5% on fuel cons. per pump.
- Gen-set power is defined as Continuous Power (COP) according to ISO 8528-1 and IEC 34-1.
- Fuel gas consumption is according to ISO 3046-1.
- Reference site conditions:
 - Altitude above sea level:.....max. 260 m
 - Air temperature:.....5-35 °C
 - Max. cooling water temp inlet charge air cooler, two stage :.....44 °C
 - Relative humidity:.....max. 60%
 - Exhaust back pressure:.....max. 400 mmWG
- Reference fuel is natural gas with a lower heating value of 36 MJ/Nm³, min methane no. 70, AVL
- Data for heat dissipation is based on turbocharger air suction temp. 25oC with a tolerance of +/- 5%.
- Cooling water flow LT-charge air cooler, two stage:.....min. 108 m³/h
- Minimum fuel gas pressure to the fuel gas module: 3,5 bar_g.
- Power factor, cosφ = 0.9, generator efficiency given according to AvK DIG 156 o/8, 6,3kV
- Due to continuous development, data may change.

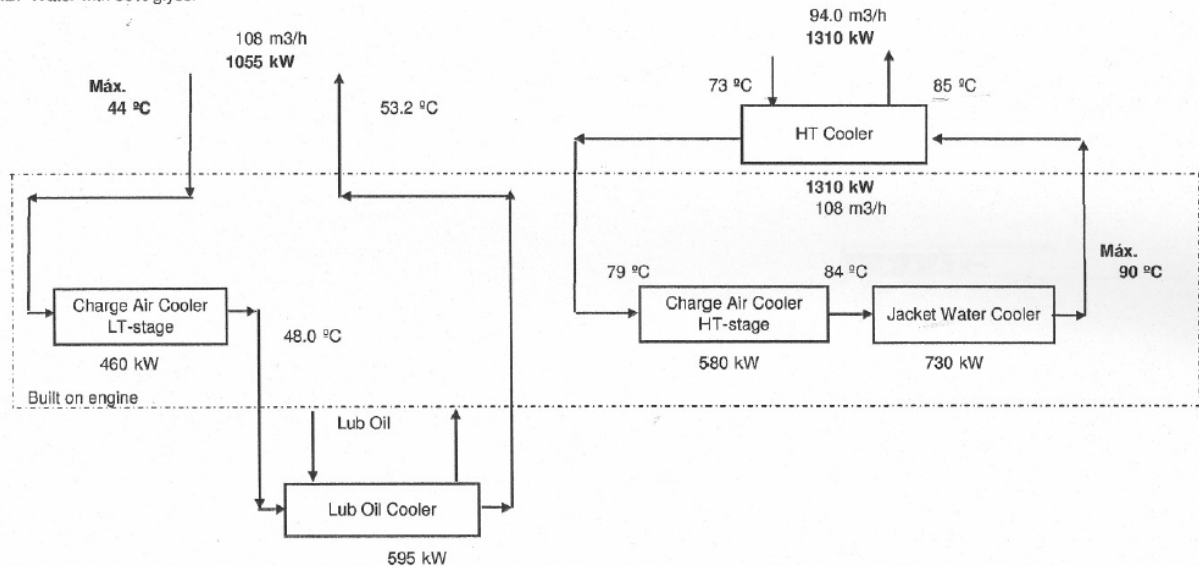
Ilustración 13. Ficha Técnica Motor ROLLS-ROYCE (I)

Flowdiagram BV-12, i

System no 2
 Turbocharger Suction Temperature = 25 oC
 Altitude: 260 m
 Not dimensioning numbers!



NB: Water with 30% glycol



Preliminary

Ilustración 14. Ficha Técnica Motor ROLLS-ROYCE (II)

En los catálogos, se ha encontrado un motor Rolls-Royce, que para el 100% de carga, dispone de una potencia eléctrica de 5.085 kW, con un consumo de gas natural de 10.960 kW. Con lo que el rendimiento eléctrico del motor resultará:

$$\eta_e = W_e / Q_c = 5.085 / 10.960 = 46'4\%$$

Además, conociendo también el flujo másico de los gases de salida del motor, que es de 7'8 kg/s, y la temperatura de salida de los gases, que es de 415 °C, se puede obtener la potencia de los gases:

$$W_g = 7'8 \cdot 1'07 \cdot (415 - 130) = 2.380 \text{ kW}$$

Y realizando ahora un balance energético en la caldera de recuperación:

$$2.380 \text{ kW} = m_v \cdot (2778 - 376)$$

Se concluye que se puede conseguir un flujo másico de vapor de:

$$m_v = 1 \text{ kg/s}$$

Es decir, con el motor únicamente no será posible satisfacer las necesidades del proceso productivo, que son de 1'3 kg/s. Por lo tanto, será indispensable mantener la caldera convencional que ya disponía la fábrica como apoyo para las fluctuaciones que tengan lugar en el sistema y para cubrir las necesidades térmicas que el sistema de cogeneración no sea capaz.

Por último, será necesario el cálculo del Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE) para comprobar si se permite llevar a cabo la instalación del sistema de cogeneración, que deberá ser superior al 55% en MACI, como se ha mencionado anteriormente.

$$R_{EE} = 5.085 / (10.960 - (2.380/0'9)) = 61'15\% > 55\%$$

Se puede comprobar que el REE, en este caso, tiene un valor del 61'15%, superior al 55% establecido, por lo que se cumple con dicha condición y es posible, sin duda alguna, la implantación del sistema de cogeneración.

7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN

El objetivo fundamental de la instalación de esta planta de cogeneración es optimizar los recursos disponibles para satisfacer las necesidades energéticas con mayor eficiencia, al aprovechar el calor residual del sistema para la generación de vapor necesaria en el proceso productivo. En capítulos anteriores, se ha demostrado mediante cálculos energéticos que la elección más adecuada para este proyecto, en base a la potencia necesaria, es un MACI.

Por consiguiente, se va a proceder a describir el sistema que se instalará, acorde con la elección realizada, y que constará de los siguientes elementos:

- Fuente de energía primaria: gas natural
- Motor alternativo de combustión interna MACI de 5.085 Kw
- Caldera de recuperación
- Sistema de refrigeración
- Sistema de aprovechamiento de la energía mecánica: Generador eléctrico
- Sistemas auxiliares

7.1 FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA

La elección de la fuente de energía primaria no necesita de mucha discusión. Las opciones podrían ser varias, como gasoil, propano o biogás, pero ninguna de ellas tiene las características adecuadas para el sistema que se está proponiendo, ya que o son demasiado contaminantes o no se dispone de flujo continuo, entre otros motivos.

El fuel-oil, por su parte, queda descartado debido a su alto riesgo desde los siguientes puntos de vista:

- En el aspecto medioambiental, este combustible tiene altas emisiones de gases derivados del azufre, ya que este elemento forma parte de la composición del fuel-oil. Además, la legislación ha endurecido desde hace algunos años la normativa en cuanto a emisiones nocivas, por lo que se requeriría una unidad de depuración de los gases emitidos a la atmósfera, lo que conllevaría un aumento considerable de la inversión, afectando la viabilidad económica del proyecto.
- En el aspecto tecnológico, la implantación de un sistema con fuel-oil como combustible encarecería el proyecto ya que la inversión por kW instalado y los costes de mantenimiento son presumiblemente superiores a los que se tendrían en una planta de cogeneración de gas natural.

Por ello, la alternativa elegida es el Gas Natural, el combustible por excelencia, cuyas **ventajas** son:

- Combustible muy limpio, con reducida contaminación
- Rendimiento de combustión elevado
- Fácil de manejar y no requiere preparación
- Suministro fiable
- No ocasiona problemas en equipos (motores, TG, calderas...), al no contener componentes corrosivos como el azufre
- En España hay buena infraestructura

7.2 MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores térmicos son el conjunto de máquinas que transforman la energía térmica en energía mecánica, sometiendo a un fluido compresible a un ciclo termodinámico. Así, los motores alternativos de combustión interna son un tipo de motor térmico, cuyos componentes realizan un movimiento lineal debido a las fuerzas realizadas por los fluidos, que se convierte luego en movimiento rotativo, habitualmente por medio de un mecanismo de biela-manivela.

En este caso, el MACI será un motor de encendido provocado, que empleará gas natural como combustible, y que seguirá un ciclo Otto de 4 tiempos en su funcionamiento.

La descripción básica del ciclo será la siguiente:

1. **Carrera de admisión (de -360° APMS a -180° APMS)**: el pistón se desplaza hacia la parte inferior del cilindro, que se denomina Punto Muerto Inferior (PMI), partiendo de la parte superior del cilindro, Punto Muerto Superior (PMS). Mientras tanto, la válvula de admisión para entrada de carga nueva está abierta. Por esta válvula entra la carga nueva al cilindro. En el caso de motores MEP la carga fresca suele ser mezcla de aire con combustible.
2. **Carrera de compresión (de -180° APMS a 0° PMS)**: con las válvulas de admisión y escape cerradas, el pistón se desplaza del PMI al PMS. En este desplazamiento se comprime la carga que hay en el interior del cilindro, subiendo la presión y temperatura de la carga del interior del cilindro. Antes de llegar el pistón al PMS se produce el encendido de la chispa que da comienzo a la combustión.
3. **Carrera de expansión (de 0° PMS a 180° DPMS)**: esta es la carrera que produce trabajo. Cuando se produce la combustión, la presión y temperatura se ven incrementadas de forma notoria. Esta elevada presión empuja el pistón hacia el PMI y produce trabajo. Cuando el pistón llega al PMI se abre la válvula de escape y comienza la carrera de escape.
4. **Carrera de escape (de 180° DPMS a 360° DPMS)**: con la válvula de escape abierta, el pistón se desplaza hacia el PMS y el gas producto de la combustión es expulsado al exterior. Al final de la carrera, se cierra la válvula de escape y el ciclo completo comienza de nuevo.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

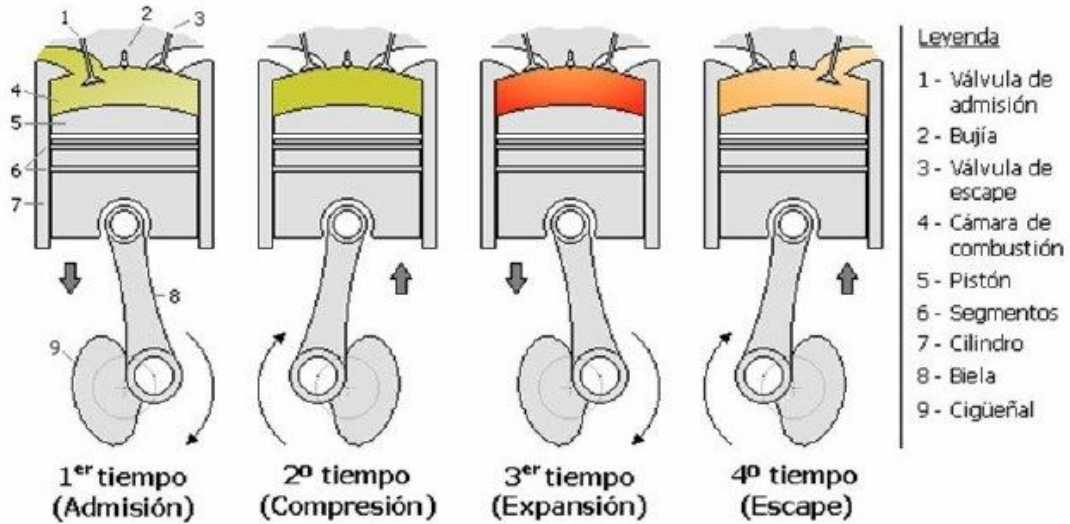


Ilustración 15. Ciclo de un MACI de 4 tiempos

Una vez descrito el funcionamiento, se presentan en su ficha técnica las características concretas del motor que se va a instalar: Rolls-Royce type B35:40 V12AG, 50Hz.

Engine type	Dimensions(mm)			Weight(tons)		Exhaust gas raw emissions (mg/nm ³ , 5% O ₂)			
	A	B	C	Engine(dry)	Generator	NOx	CO	NMHC	
B35:40 V12	10390	2712	4620	56,5	26	500	650	130	
Bore/Stroke	mm 350/400			Total inc. found 91,5					
Engine speed	min ⁻¹ 750								

Load	%	100	75	50
Electrical output	kW	5085	3810	2520
Mechanical output	kW	5210	3910	2595
Specific energy consumption:	kJ/kWh	7575	7725	8460
Fuel gas consumption:	kW	10960	8390	6095
Charge air cooler LT/HT:	kW	460 / 580	245 / 255	125 / 45
Lub.oil cooler:	kW	595	545	500
Jacket water cooler (heat diss. Eng.)	kW	730	560	440
Exhaust mass:	kg/h	28100	21500	14900
Exhaust gas temperature:	°C	415	460	485
Lub.oil consumption:	g/kWh	0,4	0,4	0,3
Nom. el. Efficiency :	%	46,4	45,4	41,3

The performance data is based on:

- All technical data are valid at 100% load, including two engine driven pumps (lub. oil and jacket water).
- Without engine driven pumps, subtract 0.5% on fuel cons. per pump.
- Gen-set power is defined as Continuous Power (COP) according to ISO 8528-1 and IEC 34-1.
- Fuel gas consumption is according to ISO 3046-1.
- Reference site conditions:
 - Altitude above sea level:..... max. 260 m
 - Air temperature:..... 5-35 °C
 - Max. cooling water temp inlet charge air cooler, two stage :..... 44 °C
 - Relative humidity:..... max. 60%
 - Exhaust back pressure:..... max. 400 mmWG
- Reference fuel is natural gas with a lower heating value of 36 MJ/Nm³, min methane no. 70, AVL
- Data for heat dissipation is based on turbocharger air suction temp. 25oC with a tolerance of +/- 5%.
- Cooling water flow LT-charge air cooler, two stage:..... min. 108 m³/h
- Minimum fuel gas pressure to the fuel gas module: 3,5 bar_g.
- Power factor, cosφ = 0.9, generator efficiency given according to AvK DIG 156 o/8, 6,3kV
- Due to continuous development, data may change.

Ilustración 16. Datos del motor

7.3 CALDERA DE RECUPERACIÓN

Cuando los gases de escape salen del motor, están a una temperatura bastante elevada, unos 415 °C, que si se desecharan a la atmósfera supondrían una enorme pérdida.

Para aprovechar este calor residual, se instala una caldera de recuperación que genere vapor para el proceso productivo, como ya se ha explicado.

Conceptualmente, una caldera de recuperación (CR) es un intercambiador de calor (IC) donde se produce el intercambio **humos-agua**. La diferencia esencial entre una CR y un IC es que en el intercambiador de calor no puede producirse, bajo ningún concepto, cambio de fase de ninguno de los dos fluidos, mientras que en la CR, si es de vapor, se produce la vaporización del agua.

El caso más general de una CR es la que tiene tres cuerpos principales: Economizador, Vaporizador y Sobrecalentador.

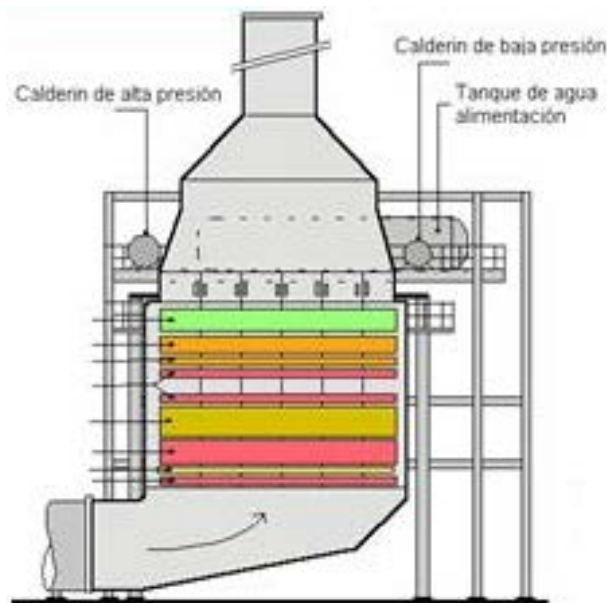


Ilustración 17. Caldera de Recuperación

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

La caldera en sí misma dispondrá de vaporizador y sobrecalentador, y los humos saldrán a una temperatura en torno a los 240 °C, evidentemente muy alta, lo que implica un rendimiento bajo de la caldera.

Para mejorar el rendimiento se deberá aprovechar el calor de esos humos residuales en un intercambiador de calor humos-agua denominado ECONOMIZADOR. Este equipo es mucho menos exigente en cuanto a seguridades y mucho más barato que la caldera en sí. Y al no precisar de garantías de presión, se instalará fuera de la caldera.

Bajo ningún concepto se puede producir vaporización en el economizador. Por ello, este equipo se encargará de precalentar el agua de alimentación a la caldera.



Ilustración 18. Economizador

Aproximadamente, la temperatura de salida de los humos en un economizador estará en torno a los 130 °C cuando el combustible es gas natural.

Además, en el economizador no se debe producir la condensación de los humos, es decir, no se debe llegar, de ninguna manera, a la temperatura del

punto de rocío de los humos. Esto es así, ya que si bajásemos mucho más la temperatura, por ejemplo hasta los 40 °C, el vapor de agua de los humos condensaría, y retornaría al hogar por la tubería de salida de los humos, causando graves problemas que podrían dañar el equipo.

Por tanto, se puede aprovechar la temperatura de los gases de salida mientras no se llegue a su temperatura de rocío. Pero como no todos los puntos tienen la misma temperatura de saturación, ni en los humos, ni en tuberías... Entonces habrá que darle un margen de seguridad al sistema para que no aparezca ni una gota de agua. Es por esto, que sólo se aprovecha el calor residual hasta los 130 °C.

Así, el agua se precalienta primero en el economizador, como ya se ha dicho. Después, alcanza los 100 °C en el vaporizador, se produce la ebullición, y finalmente, en el sobrecalentador se eleva la temperatura hasta la requerida para el proceso productivo.

Por otro lado, para evitar problemas en el equipo y cumplir con las condiciones mencionadas anteriormente, se marcarán unos límites de seguridad, que son:

- Pinch Point: es la diferencia entre la temperatura de los humos a la salida del vaporizador y la temperatura de saturación a la presión de la caldera. Es un valor clave en el diseño.
- Approach Point: es la diferencia entre la temperatura del agua a la salida del economizador y la temperatura de saturación a la presión de la caldera. Es el margen de seguridad para que no se produzca la vaporización en el economizador.

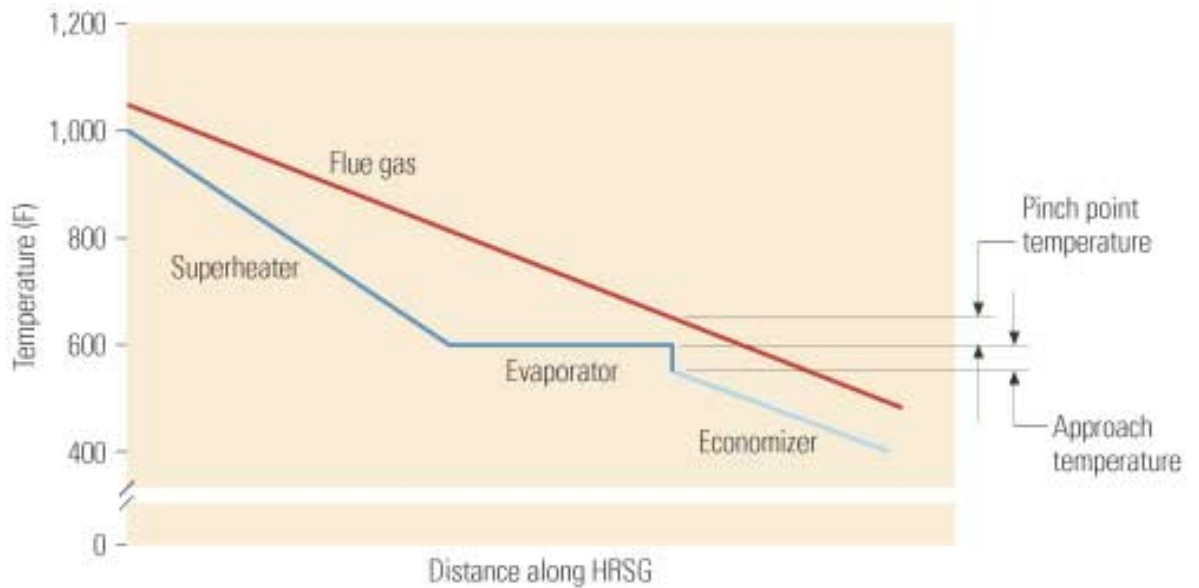


Ilustración 19. Diagrama Pinch Point y Approach Point

Si la presión de la caldera es muy elevada y las necesidades de vapor (m_v) también lo son, el Pinch Point es muy pequeño, y la CR será muy grande, lo que la hace muy cara. Por el contrario, si la presión y m_v son bajos, el Pinch Point es grande, y no será necesaria una CR tan grande, lo que abarataría los costes. Por ende, habrá que encontrar una solución de compromiso, que cumpla con todos los requisitos enumerados.

En resumen, las CR se suelen utilizar para aprovechar el calor de los gases de salida de una TG o MACI, de tal forma, que una vez elegida la máquina térmica, de su catálogo se obtendrá la cantidad de calor disponible en los humos (T_g , m_v). En este caso, el flujo másico de gases de salida del motor es de 7'8 kg/s a 415 °C, que van a suponer 1 kg/s de vapor a proceso.

Ahora bien, los puntos del proceso productivo donde se necesita vapor tienen diferentes condiciones. Es decir, se requieren diferentes temperaturas del vapor, y como tener 3 calderas de recuperación para las 3 condiciones sería inviable económicamente, se decide instalar unos atemperadores.

Un atemperador es un depósito al que le llegan dos flujos: uno, el vapor general saturado de la caldera, y otro, agua de atemperación (de red). Por tanto, se diseñará el sistema para que la caldera aporte el vapor a las máximas temperatura y presión que se requiera en el proceso productivo, y para el resto de condiciones, se usarán los atemperadores. Con un poco de agua de red, se disminuirá la temperatura en estos atemperadores y así, adecuarlas a las necesidades del proceso.

Por último, parte del vapor enviado a proceso se recuperará, en torno al 50%, por lo que serán necesarios un condensador, que condense ese vapor recuperado, y una bomba que eleve la presión hasta la de entrada a la caldera.

7.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La refrigeración de los motores se hace principalmente por aire y por agua, aunque en algunos casos se puede emplear otro fluido, como aceite. En este caso, la refrigeración se hará con agua y el sistema constará de dos circuitos: Alta Temperatura (AT) y Baja Temperatura (BT). Ambos circuitos disponen de un calor residual que es necesario evacuar para evitar daños, y que puede ser aprovechable.

- Circuito Alta Temperatura (AT): la bomba de agua de alta temperatura impulsa el agua, que pasa primero por el enfriador de aire, para ir más tarde al bloque motor y culatas. Aquí coge el calor proveniente de la combustión y sale del motor. Una vez ha salido, se dirige a la válvula termostática de alta temperatura. Si el fluido está caliente, habitualmente entre los 75°C y 95°C, la válvula abre paso hacia el intercambiador de calor donde se libera el calor del motor. Este es el primer punto de aprovechamiento del calor residual.
- Circuito Baja Temperatura (BT): la bomba de baja temperatura envía el agua al enfriador de aire de admisión a cilindros, para a continuación, ir al enfriador de aceite, donde enfría el aceite y extrae del motor el calor transmitido al aceite por fricción y proveniente de la combustión. Tras

pasar por el enfriador de aceite, el agua va a la termostática de baja temperatura. Si supera el valor de consigna, sobre los 40-45°C, se libera el calor en otro intercambiador de calor (segundo punto de aprovechamiento de calor residual).

Resumiendo, el circuito de AT se encarga de la refrigeración del motor y el de BT de la refrigeración del sistema de lubricación, es decir, del aceite. En el motor Rolls-Royce que se ha elegido, las temperaturas de refrigeración son las que se muestran en la figura siguiente:

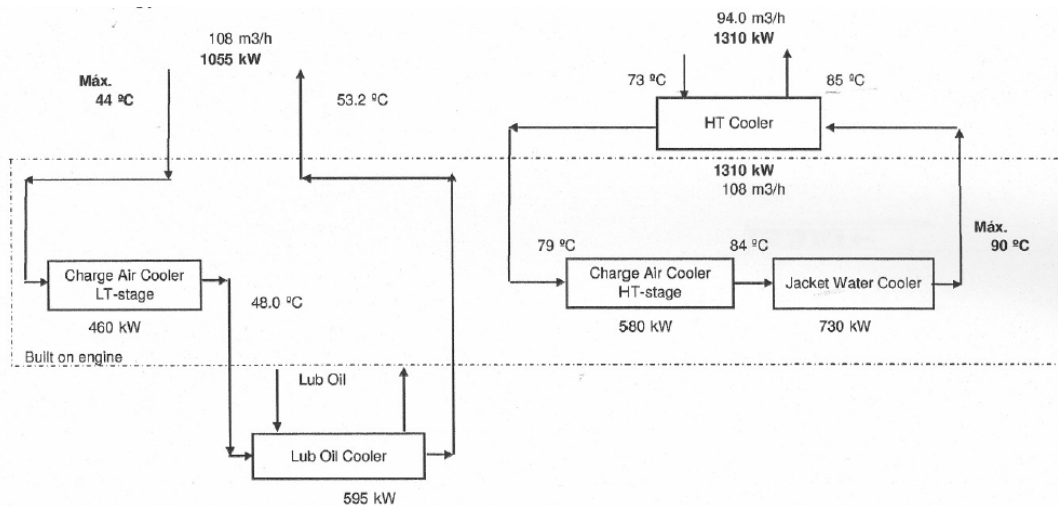


Ilustración 20. Sistema de Refrigeración del motor Rolls-Royce

Se comprueba mediante la siguiente fórmula:

$$W_{AT} = (94.000 \text{ kg} / 3.600 \text{ s}) \cdot 4'18 \cdot (85 - 73) = 1.310 \text{ kW}$$

$$W_{BT} = (108.000 \text{ kg} / 3.600 \text{ s}) \cdot 4'18 \cdot (53'2 - 44) = 1.155 \text{ kW}$$

Sin embargo, el aprovechamiento de estos calores, aunque son muy grandes, tienen temperaturas muy pobres como para emplearlos en procesos industriales, por lo que serán útiles como ACS (agua caliente sanitaria).

En la fábrica objeto de estudio, no es necesaria ACS para el proceso productivo, por lo que este calor se utilizará para precalentar el agua de alimentación de la caldera de recuperación. El calor que, aún después de este

precalentamiento, siga sobrando, se deberá evacuar al ambiente. Existen diferentes sistemas, como el enfriamiento con agua de río o mar, aerorrefrigeradores o torres de refrigeración.

En este proyecto, se eligen las torres de refrigeración, porque aunque requieren de un alto consumo de agua, tienen muy buena eficacia y consumen poca electricidad.

Finalmente, cabe destacar que el agua en el interior del sistema de refrigeración del motor (sistema cerrado), además de tener una temperatura de saturación cercana a la de trabajo en un MACI a presión atmosférica, presenta el problema de que se puede congelar a temperaturas inferiores a los 0°C. Asimismo, el agua corroe los metales, por lo que causará daños irreparables en distintos componentes del motor.

Para evitar estos problemas, al agua se le han de añadir aditivos para mejorar sus propiedades y convertirlo en un fluido útil para refrigeración en MACI. Estos aditivos deben presentar las siguientes condiciones:

- Deben ser inhibidores de la corrosión de metales
- Deben contener sustancias alcalinas para proveer una acción amortiguadora contra los ácidos
- Deben ser antiespumantes, para evitar la formación de burbujas
- Deben tener un colorante para su fácil identificación
- No deben inhibir la transmisión de calor con las superficies del motor
- Deben ser químicamente estables, pero no tóxicos
- Deben tener alto calor específico y alta conductividad térmica

Los aditivos más habituales son en base a glicoles, aunque han de ser específicos para cada tipo de motor, ya que no todos tienen el mismo comportamiento ante todos los tipos de metales.

7.5 SISTEMAS AUXILIARES

Otros equipos y sistemas que se instalarán en la planta son:

- Sistema de purgas
- Sistema de tratamiento de aguas
- Sistemas de control
- Sistema eléctrico
- Generador

8 ANEXO

8.1 ANEXO I

8.1.1 ¿QUÉ ES LA COGENERACIÓN?

Como ya se ha dicho, la cogeneración se define como la producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales a partir de una misma fuente de energía primaria.

En una planta de generación termoeléctrica, normalmente se quema un combustible fósil para producir vapor a altas presiones y temperaturas, para a continuación hacerlo pasar por una turbina de vapor que genere la energía eléctrica necesaria. Pero, aún teniendo la planta más eficiente, la conversión a electricidad no superará el 40% del total de energía disponible proveniente del calor del combustible. Es decir, se aprovechará menos de la mitad del calor disponible y el resto se descargará a la atmósfera como gases producto de la combustión, de baja temperatura relativa y, por tanto, de baja capacidad para realizar trabajo útil dentro de las plantas generadoras.

Aquí es donde entra en juego el concepto de cogeneración. La mayoría de los procesos industriales requieren de vapor y calor a baja temperatura, por lo que esta tecnología es una buena manera de aprovechar la energía de los gases, que de otra forma se desecharía.

Hoy en día, es la mejor alternativa de conversión eficiente de la energía primaria, permitiendo ahorros en torno al 30-35% respecto al consumo anterior al desarrollo de la cogeneración, y llegando a alcanzar eficiencias de aprovechamiento de la energía primaria superiores al 70%. Además, puede proporcionar energía eléctrica excedente que puede ser entregada a la red o ser consumida en otras instalaciones asociadas al sistema de cogeneración.

La producción de ambas energías simultáneamente permite un mejor aprovechamiento de la energía primaria que se transforma, en comparación con lo que se consigue producir por separado, como se observa en la siguiente figura.

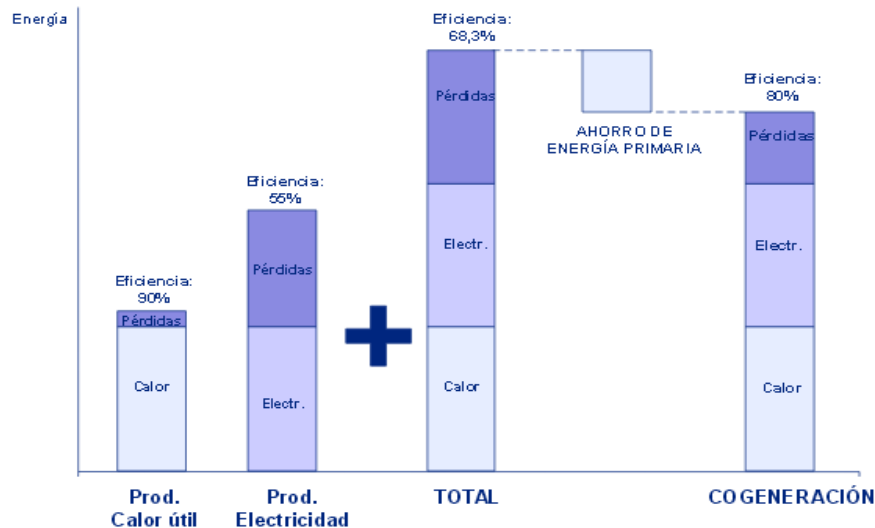


Ilustración 21. Ahorro de Energía Primaria

El objetivo de la cogeneración es aumentar la eficiencia en la producción de energía, aprovechando al máximo los recursos y siempre en un marco de respeto hacia el medio ambiente. Con ello se conseguirá un ahorro en el consumo de energía primaria. Esta característica, junto con las distancias cortas del transporte de la energía en cogeneración, son las que llevan a considerar esta tecnología como principal herramienta en la lucha contra el cambio climático.

En la Figura 22 se exponen los diferentes mecanismos a través de los cuales la cogeneración contribuye a estos objetivos, proporcionando diversos beneficios, que se mencionan a continuación.

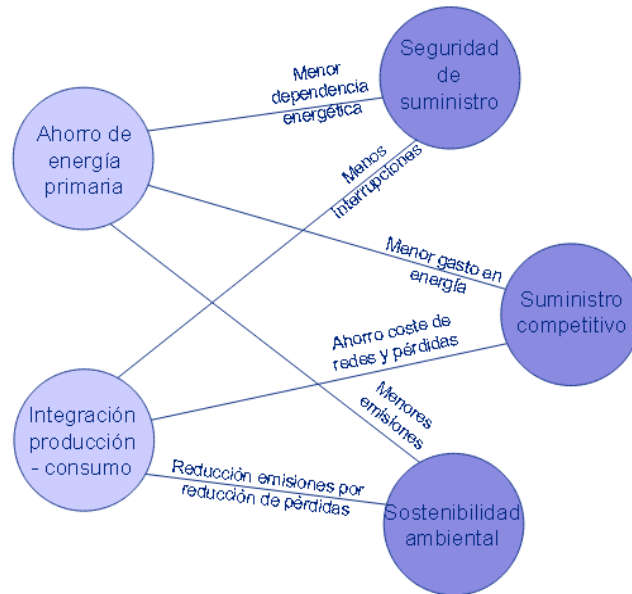


Ilustración 22. Contribución de la Cogeneración a los objetivos de Política Energética

Primeramente, la escasez de fuentes de combustibles fósiles en Europa determina una gran dependencia de suministro exterior, y cuanto mayor sea la proporción necesaria en nuestro país, mayor impacto se producirá en caso de corte de suministro. A través del ahorro de energía primaria, la cogeneración contribuye a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles, disminuyendo, por tanto, la dependencia exterior y la incertidumbre de un posible fallo en el suministro.

Además, hay una menor probabilidad de interrupciones. La mayoría de las interrupciones en el suministro eléctrico se originan en infraestructuras alejadas de los puntos de consumo, como en centrales de generación o líneas de transporte. Al instalar la producción cerca de los centros de consumo, se reduce el impacto de este tipo de fallo.

Por otro lado, la mejora de la eficiencia energética, y por tanto, la reducción de consumo de energía primaria, supone un gran ahorro en la factura energética de los consumidores. Asimismo, el aumento de la eficiencia del proceso productivo lleva a un aumento de la competitividad de la empresa, que a su vez originará un aumento de la productividad.

Finalmente, el ahorro de energía primaria, gracias a la mejora de la eficiencia energética y a la disminución de las pérdidas en las redes, se traduce en un ahorro de combustibles fósiles. La combustión de éstos es el principal origen de las emisiones de CO₂.

Por tanto, un menor consumo de combustibles fósiles implicará menores emisiones de gases de efecto invernadero así como otros gases y partículas contaminantes, lo que tendrá un efecto positivo en el medio ambiente y facilitará el cumplimiento del Protocolo de Kioto, entre otras normas.

En resumen, se puede decir que las ventajas de la cogeneración se pueden clasificar en dos grupos:

1) Para la SOCIEDAD:

- Diversificación energética
- Menor dependencia exterior, debido a la disminución del consumo de energía primaria
- Ahorro de energía gracias al aumento del rendimiento energético
- Mejora del medio ambiente
- Disminución de pérdidas en el transporte eléctrico, al consumir en el mismo sitio donde se genera

2) Para el EMPRESARIO:

- Reducción de los costes energéticos
- Mayor fiabilidad de suministro de energía
- La cogeneración puede actuar como grupo de emergencia
- Mayor rendimiento energético en la instalación
- Posibilidad de aprovechar energías o combustibles residuales, en algunos casos

Sin embargo, hay algunos inconvenientes que no se pueden obviar, como:

- Inestabilidad legislativa
- Incertidumbre en la política de precios energéticos
- Aumento de la mano de obra para mantenimiento
- Inversiones elevadas
- Gastos de mantenimiento y de materiales fungibles

8.1.2 ANTECEDENTES DE COGENERACIÓN EN EUROPA

La cogeneración tiene una larga tradición en Europa, que abarca tanto la parte industrial como la residencial, en aplicaciones más enfocadas al mercado de calor útil doméstico y comercial, como el “district heating” o energía de distrito.

Asimismo, el desarrollo sostenible de este sector en la Unión Europea en cuanto a aspectos medioambientales y seguridad de suministro está directamente relacionado con la mejora de la eficiencia energética. Por ello, los sistemas de cogeneración son una de las principales herramientas para alcanzar los objetivos europeos de mejora de la eficiencia energética.

Esto se debe a beneficios como el ahorro de energía primaria, las pérdidas evitadas y la reducción de emisiones, consiguiendo disminuir el efecto invernadero. Además, como ya se ha dicho, la cogeneración contribuye positivamente a la seguridad de suministro, aumentando la competitividad de los Estados Miembros de la Unión Europea. Por todo ello, la implantación y desarrollo de estos sistemas es una prioridad Comunitaria.

Sin embargo, el grado de penetración de la cogeneración en los distintos países es muy diverso. En algunos, como Dinamarca (49%), Finlandia (38%) y Holanda (30%), la aportación respecto al total de energía producida alcanza cifras muy elevadas, mientras que en otros países, como Hungría (21%) o República Checa (17%), el porcentaje no es tan alto.

En la siguiente figura se muestra para distintos países de la UE la energía eléctrica generada por cogeneración, así como el porcentaje de la demanda energética total que cubren.

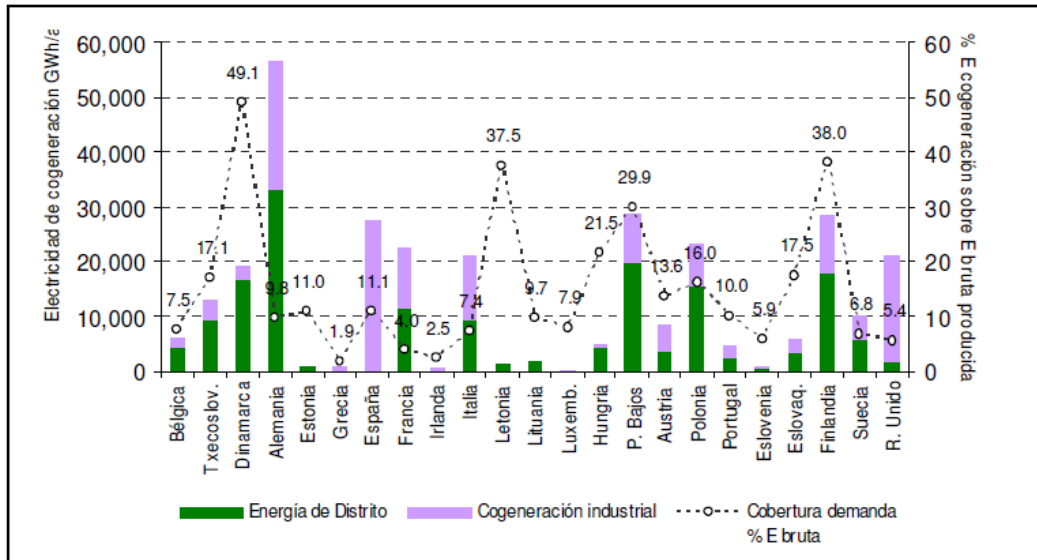


Ilustración 23. Electricidad de Cogeneración y cobertura respecto a la electricidad bruta producida según países

Respecto a la energía eléctrica, ésta se divide en dos conceptos: la energía de distrito y la generada por autoprodutores (industrial).

Es destacable la gran implantación de sistemas de Energía de Distrito en la UE, metodología que todavía no ha sido implantada en España de forma tan significativa.

8.1.3 ANTECEDENTES DE COGENERACIÓN EN ESPAÑA

Las primeras instalaciones de cogeneración utilizadas en España se basaron en turbinas de vapor situadas principalmente en industrias del sector químico y de fabricación de pasta y papel. Su finalidad consistía en asegurar el suministro eléctrico al proceso industrial y optimizar los costes de producción.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Las instalaciones de cogeneración basadas en turbinas de gas y motores alternativos comenzaron a implantarse en España en la década de los ochenta con un ritmo lento de introducción.

A finales de 1987 se inició un periodo de crecimiento sostenido en los sectores industrial y terciario, causado principalmente por la diferencia de precios entre los combustibles y la energía eléctrica, que propició una rentabilidad elevada de los proyectos de cogeneración.



Ilustración 24. Porcentaje de Cogeneración en 1998, según países

A partir de 1995, la cogeneración recibe un nuevo impulso y para mediados de 1999 la potencia instalada era de 936 MW con 186 instalaciones en servicio y una inversión de más de 115.000 millones de pesetas (unos 690M€).

Actualmente, la cogeneración puede tener un papel clave en las estrategias energéticas europeas y nacionales, ya que esta tecnología de producción de electricidad y calor contribuye directamente a los tres pilares fundamentales de la política europea: cambio climático, seguridad de suministro y competitividad.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

En primer lugar, como ya se ha dicho, la cogeneración ahorra energía primaria, y se estima en unos 20.000 GWh/año, lo que supone menor importación de combustible. Consecuentemente ahorra emisiones de gases de efecto invernadero, estimadas en torno a 5.000.000 tCO₂/año, que se traducen en unos 167 M€.

Esta importante reducción de emisiones de gases de efecto invernadero aportada por la cogeneración sugiere que hay que promover el uso de la cogeneración siempre que recurra a combustible fósiles, para salvar la diferencia entre las emisiones actuales y los objetivos acordados en Kioto.

Por otro lado, a diferencia de las tecnologías renovables, la cogeneración no sólo produce energía sino también ofrece seguridad de suministro. La aportación de garantías de potencia permite evitar la construcción de plantas de régimen ordinario necesarias para cubrir la potencia de plantas renovables en los momentos que no puedan funcionar.

Además, mientras el régimen especial en su conjunto tiene un coste medio de unos 124 €/MWh, superior a los 95 €/MWh de coste del régimen ordinario, en cogeneración el coste medio es inferior, de unos 87 €/MWh, con lo que ahorra al sistema entorno a 180.000 M€/año.

Finalmente, respecto a otras tecnologías renovables del régimen especial, la cogeneración ha hecho más competitiva la industria nacional, a la que ha rebajado su coste energético en más de un 10%, evitando la indeseable deslocalización de muchas industrias.

8.1.4 ANTECEDENTES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

La industria española de alimentación y bebidas lidera el ranking cogenerador en España, que en el 2011 contaba ya con 142 plantas que sumaban 1.174 MW de potencia eléctrica instalada, por delante de la industria papelera y química.

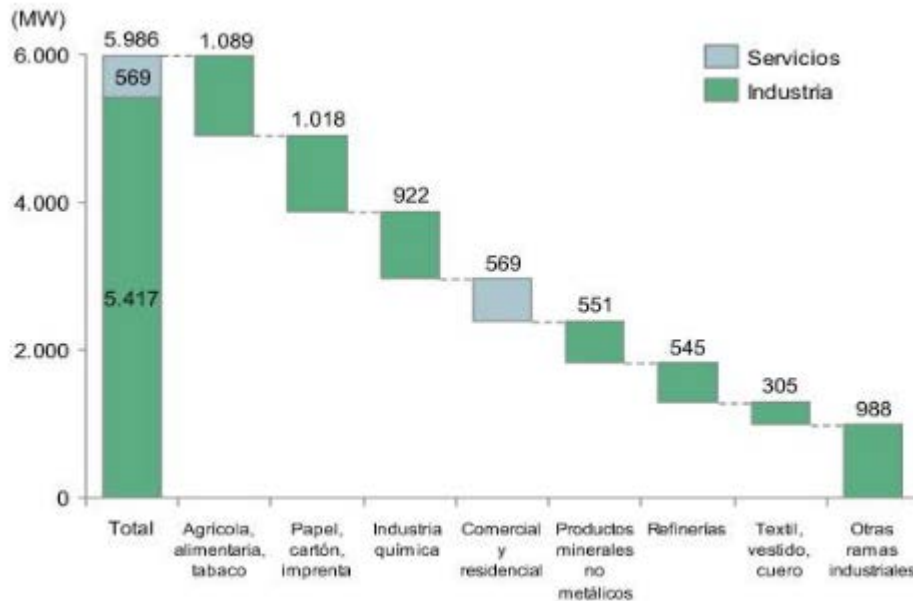


Ilustración 25. Cogeneración en España según sectores

El sector alimentario español cerró el 2014 con 93.238 millones de euros de cifra de ventas, aumentando los niveles de facturación de ejercicios anteriores, compensando la debilidad de la demanda interna con el incremento de las exportaciones, que alcanzaron los 24.018 millones de euros en 2014, un 5'9% más que en 2013. Suponen, además, el 10% del total de las exportaciones de bienes nacionales.

Asimismo, durante el 2014, el 7,3% de las exportaciones del sector en el ámbito de la Unión Europea corresponden a España, situándose como la sexta economía exportadora y el tercer país exportador de productos alimentarios en la Unión Europea.

La industria española de alimentación y bebidas supone el 17% de las ventas totales y el 18'5% del empleo total industrial en España. Para finales de 2014, el sector contaba con 28.343 empresas, de las que el 96% son pequeñas y medianas empresas, y ocupando a unos 378.800 trabajadores.

El sector alimentario cuenta con numerosos subsectores como: aceites, refrescos, lácteos, congelados, conservas, etc..., que hacen de esta industria un pilar básico

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

para la economía española, superado únicamente en contribución al PIB por el turismo. Por ello, la innovación es un factor clave y prioritario en su desarrollo, y precisamente por esto la cogeneración encaja tan bien en este sector en España.

La industria de alimentación y bebidas consume el 11% de la electricidad total empleada en procesos industriales en España, lo que supone un 4% del consumo eléctrico total nacional. De ese total, el 48% de la electricidad que precisa el sector alimentario para llevar a cabo todos sus procesos productivos lo cubre la cogeneración. Es decir, de los 10'8 TWh que se consumen, valorados en más de 1.000 M€ anuales, hasta 5'2 TWh provienen de la cogeneración. Además, todavía existe un 26% de potencial de desarrollo, oportunidad que permitirá seguir mejorando la eficiencia energética y medioambiental, así como su competitividad.

Asimismo, ya se ha comentado anteriormente que la cogeneración tiene una alta eficiencia. Y más concretamente, en el sector alimentario, la producción simultánea de calor, frío y electricidad puede llegar a alcanzar un rendimiento medio global de la energía superior al 73%, que se traduce en un rendimiento del combustible sobre un 50% superior al que se conseguiría en una central eléctrica convencional moderna (esto sin contar las pérdidas de electricidad en las redes de transporte y distribución).

En cuanto al combustible empleado en las plantas de cogeneración, en la siguiente figura se ven los porcentajes de empleo de cada uno de ellos.

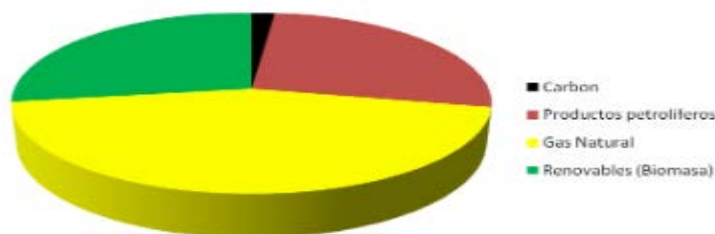


Ilustración 26. Combustibles en el Sector Alimentario

El combustible más utilizado en esta industria es el gas natural, con un 44% del consumo total del sector, seguido en un 27% por los combustibles renovables, que

en su mayoría (un 98%) será biomasa. Muy de cerca les siguen también los combustibles petrolíferos y el combustible menos usado es el carbón.

Estos beneficios de la cogeneración, además de aportar competitividad a las empresas que la utilizan, también ayudan a generar importantes ahorros económicos y ambientales para el país. La industria de alimentación y bebidas está ligada al empleo de las mejores tecnologías, siendo más eficientes, limpias y bajas en carbono, lo que supone una gran oportunidad para nuestro país. Cabe destacar que el ahorro de emisiones de CO₂ en el sector alimentario alcanza los 2 Millones de Toneladas de CO₂, que a los precios actuales supone un ahorro de hasta 30 M€ anuales.

Otro dato a resaltar es que la amplia variedad de necesidades, procesos y operaciones de las distintas empresas en la industria de alimentación hace que todas las tecnologías de cogeneración tengan presencia. Los motores alternativos de combustión interna MACI, lideran el sector (gracias a la gran flexibilidad de operación en cuanto a arranques y paradas) con un 80% de cuota de la potencia instalada en el sector, seguidos de las turbinas de gas (TG) y las turbinas de vapor (TV), con cuotas del 10% cada una.

8.1.5 ANTECEDENTES LEGISLATIVOS Y NORMATIVA EN ESPAÑA

La primera regulación normativa de las plantas de cogeneración se produjo en 1980 con la aprobación de la Ley 82/80 sobre Conservación de la Energía. Hasta ese momento no había existido regulación sobre la conexión de plantas de cogeneración a la red pública para verter sus excedentes de energía eléctrica. Con esta Ley se obliga a las compañías eléctricas a adquirir esa energía sobrante de la cogeneración.

A partir de 1986, comienza un desarrollo significativo de este tipo de plantas, en gran medida debido a la incipiente expansión de la red de gasoductos y el desarrollo tecnológico, así como por el fomento de parte de la Administración Pública.

Posteriormente, en el Anexo 1 del Plan Energético Nacional de 1990, Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE), se fijan los objetivos de las nuevas plantas de cogeneración para el periodo entre 1991-2000. En el marco de este Plan, se publica la Ley de Ordenación del Sector Eléctrico (LOSEN) y el Real Decreto 2366/1994 sobre producción eléctrica en régimen especial, siendo ya catalogada la cogeneración en un grupo diferenciado.

Este temprano auge se vio disminuido por la supresión de los incentivos para el régimen especial de generación de energía durante los años 90, y por el cambio continuo de los criterios que calificaban este régimen. Estos cambios en la normativa generaron incertidumbre en los inversores, paralizando la inversión en cogeneración durante la segunda mitad de los 90.

Así, el marco quedó fijado por la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico (LSE), que fue modificada en varias ocasiones. La LSE incluyó en el régimen especial a las plantas de cogeneración cuya potencia no superara los 50 MWe, regulando los siguientes aspectos:

- Necesidad de autorización administrativa previa de carácter reglado
- Derecho de los productores de incorporar su producción al sistema eléctrico
- Régimen retributivo de la energía eléctrica vertida a la red regulado y complementado con la percepción de una prima

La LSE fue desarrollada, en lo que se refiere al régimen especial, por los ya derogados Real Decreto 2818/1998 y Real Decreto 436/2004, sustituido después por el Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Esta norma cataloga los sistemas de cogeneración en los siguientes grupos y subgrupos:

- Grupo a.1. Instalaciones que incluyan una central de cogeneración
 - Subgrupo a.1.1. Cogeneraciones que utilizan como combustible gas natural
 - Subgrupo a.1.2. Cogeneraciones que utilizan como combustible gasóleo, fuel oil o gases licuados de petróleo (GLP)
 - Subgrupo a.1.3. Cogeneraciones que utilizan como combustible biomasa y/o biogás
 - Subgrupo a.1.4. Resto de cogeneraciones que incluyen como posibles combustibles a emplear gases residuales de refinería, coquería, combustible de proceso, carbón y otros no contemplados en los subgrupos anteriores

- Grupo a.2. Instalaciones que incluyan una central que utilice energías residuales procedentes de cualquier instalación, máquina o proceso industrial cuya finalidad sea la producción de energía eléctrica y/o mecánica

El Real Decreto 661/2007 define un marco retributivo para la venta de excedentes de energía eléctrica vertida a la red de cogeneración basado en dos posibilidades de libre elección por el propietario:

- Cesión de la energía eléctrica a través de la red de transporte o distribución, percibiendo una tarifa regulada única para todos los periodos de programación
- Venta de la energía eléctrica libremente en el mercado, percibiendo el propietario de la cogeneración el precio que resulte del mercado organizado o el libremente negociado, complementado, en su caso, por una prima

Hoy en día, la legislación vigente, además del RD 661/2007 son: RD 1565/2010; RD1699/2011; RD-L1/2012; Ley 15/2012 y RD.L2/2013

- Real Decreto 1699/2011, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Real Decreto Ley 1/2012, suspensión de la pre-asignación de retribución y de los incentivos económicos para nuevas instalaciones en régimen especial. Objetivos:

- Supresión de los incentivos económicos para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial (y régimen ordinario sin autorización administrativa)
- Suspensión del procedimiento de pre-asignación de retribución para el otorgamiento del régimen económico primado

Mecanismos:

- Se suprimen los valores de las tarifas reguladas, primas y límites
- Se suprimen el complemento por eficiencia y el complemento por E.R.
- Posibilidad de regímenes económicos específicos para determinadas instalaciones de régimen especial, así como el derecho a la percepción de un régimen económico específico para instalaciones de cogeneración (entre otras)
- Se elimina el procedimiento de acceso a Modificación Sustancial

Consecuencias:

- Paralización inmediata de toda la actividad del sector de la cogeneración: plantas nuevas y Renovés
- Pérdida de inversiones y proyectos en curso en caso de no haberse realizado la inscripción en el registro de preasignación de los mismos
- Contradicción y pérdida de credibilidad jurídica: planes aprobados a 2020 establecen potenciales que ahora se frenan (PAAEE 3.750 MW nuevos y 3.900 MW a renovar)

- Ley 15/2012 (Medidas Fiscales): impuesto del 7% sobre la venta de electricidad e impuesto a productos energéticos, residuos nucleares, producción hidráulica y céntimo verde (carbón, gas, etc...)

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

AFFECTATION (by technology, M€)	Annual production (GWh/a, 2011)	Tax electr. Export (7% of pool price, M€)	Tax energy products (M€)	Other Taxes (M€)	TOTAL (M€)	Taxes in €/MWh
NUCLEAR	53.928	188,7	--	266,4	455,1	8,43
HYDRAULIC	27.650	96,8	--	304,2	401	14,50
COAL	46.427	162,5	287	--	449,5	9,68
COGENERATION	30.720	239,3	207,9	--	447,2	14,55
WIND	41.388	264,1	--	--	264,1	6,38
SOLAR PH	7.360	192,9	--	--	192,9	26,20

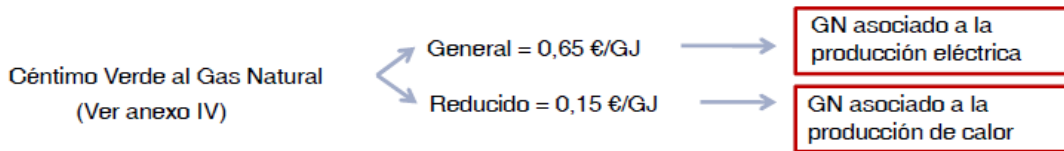


Ilustración 27. Clasificación según el tipo de energía

➤ Real Decreto Ley 2/2013:

- Eliminación de la opción de venta a mercado, fijando el valor de las primas a las instalaciones de régimen especial en 0
- Actualización de tarifas: se cambia la indexación en la fórmula de cálculo de las tarifas, que ahora se actualizarán con el IPC sin alimentos no elaborados ni precios energéticos
- Plantas de otros grupos (residuos, biogás, etc): estas plantas, a diferencia de las de los grupos “a”, obtenían mayor rentabilidad operando en la opción mercado. Para estas plantas, la medida supone una disminución de la rentabilidad para la que fueron realizadas

El RD-L2/2013 no suprime las primas a las instalaciones de más de 50 MW. Sin embargo, las plantas de cogeneración entre 50 y 100 MW, que pertenecen al régimen ordinario, mantienen la prima transitoria durante 15 años desde su puesta en marcha.

En cuanto a la nueva directiva de la Unión Europea 2012/27/UE de eficiencia energética:

- Obliga a los Estados Miembros (Ems) a desarrollar una propuesta integrada específica para aprovechar el potencial de calor y frío y conseguir el máximo ahorro de energía primaria. Antes del 31 de

Diciembre de 2015 los Ems debían realizar una evaluación integral del potencial para la aplicación a cogeneraciones de alta eficiencia (CHP), obligando a las instalaciones de más de 20 MW a estudiar la viabilidad técnico-económica de instalar cogeneración.

- Los Ems deben desarrollar un esquema de obligaciones de eficiencia energética para asegurar que distribuidoras y comercializadoras consigan un objetivo de ahorro del 1'5% (min)/año de energía final (acumulativo a 2020). Aplicará de Enero 2014 a Diciembre 2020.
- Antes del 30 Abril 2014 cada EM debía presentar un Plan de Acción de medidas para conseguir los objetivos de eficiencia energética, que se revisará en 2017.
- Cambio de los valores de referencia que había a partir de Enero de 2015.

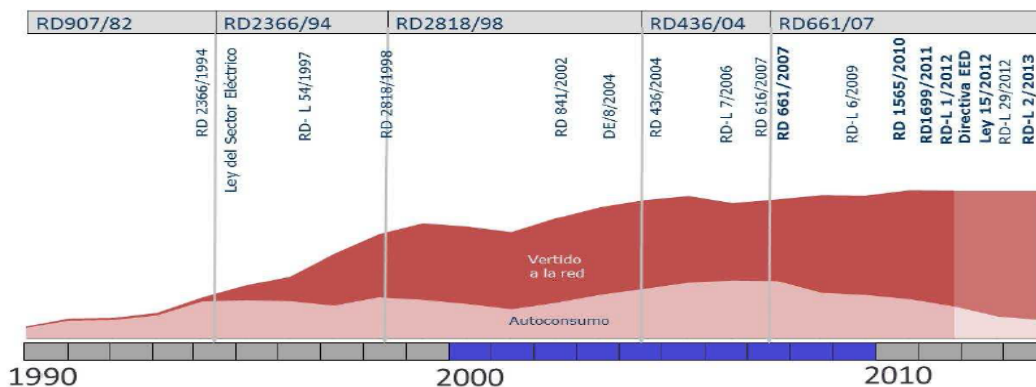


Ilustración 28. Diagrama del cambio legislativo en Cogeneración

Cabe destacar que uno de los principales motivos por los que la cogeneración no ha tenido un progreso significativo en los últimos años es la transitoriedad de los regímenes económicos y legales, que han ido cambiando desde el RD 2818/1998, sustituido por el RD 436/2004, pasando después por el RD 661/2007 y todas sus posteriores modificaciones. Se necesita un marco legal estable que garantice la rentabilidad a largo plazo para los inversores y promotores de las plantas de cogeneración.

DOCUMENTO II. PLIEGO DE CONDICIONES

CONDICIONES TÉCNICAS

9 OBJETIVO

El objetivo del Pliego de Condiciones, que se redactará a continuación, es limitar las necesidades y requisitos en la ejecución de la obra, además de ajustarse a las condiciones técnicas y controlar la calidad de los materiales y equipos empleados.

El proyecto trata la implantación de una planta de cogeneración en una fábrica de conservas, con el fin de generar energía eléctrica y térmica al mismo tiempo. Se instalará un MACI de 5.085 kW que consume gas natural y los gases de escape se aprovecharán para generar el vapor necesario a proceso.

10 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

MACI: Motor Alternativo de Combustión Interna

AT: Alta Tensión

MAT: Muy Alta Tensión

RD: Real Decreto

GN: Gas Natural

11 CONDICIONES GENERALES

11.1 Seguridad en el trabajo

Se habrá de realizar un Plan en materia de seguridad y salud, que cumpla la siguiente normativa:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada según el Decreto del 11 de Marzo de 1971.
- Normas, procedimientos y requisitos de Seguridad aplicables a los trabajos en instalaciones de AT y MAT.

- Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas.
- RD 614/2001 para “Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”.

11.2 Gestión medioambiental

Todas las obras del proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación medioambiental aplicable.

11.3 Códigos y normas

Además de las condiciones mencionadas en este escrito, se deberá cumplir la Constitución Española del 27/12/78, donde se tiene:

- Ley 8/1980 del 10 de Marzo de 1980, Estatuto de los trabajadores:
 - art. 6: Trabajo de menores
 - art. 19: Seguridad e Higiene en el Trabajo
 - art. 34: Jornada laboral

11.4 Condiciones para la ejecución de contrata

La contrata está obligada al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes.

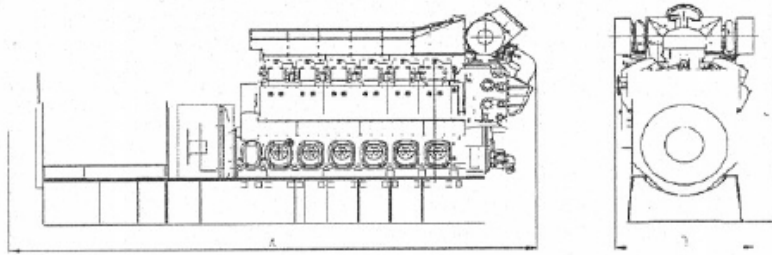
El contratista permanecerá en obra durante la jornada de trabajo, pudiendo estar representado por un encargado apto, autorizado por escrito. Queda expresamente prohibido la permanencia en obra de personas ajenas a la misma y no autorizadas por el Encargado de Obra, que actuará como Trabajador Designado en materia de Seguridad y Salud Laboral, según Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales. De igual manera, impedirá que permanezca nadie en la obra realizando cualquier tipo de trabajo, fuera de la jornada laboral, exceptuando a aquellas personas encargadas de la vigilancia.

12 DATOS TÉCNICOS

En cuanto al sistema de cogeneración, se dispone de los datos del motor Rolls-Royce que se va a instalar y que se adjuntan a continuación:



type B35:40 V12AG, 50Hz



Engine type	Dimensions[mm]			Weight[tons]	
	A	B	C	Engine(dry)	Generator
B35:40 V12	10390	2712	4820	56,5	26
Bore/Stroke	mm	350/400		Total inc.found 91,5	
Engine speed	min ⁻¹	750			

Exhaust gas raw emissions
(mg/nm³ .5% O₂)

NOx	CO	NMHC
500	650	130

Load	%	100	75	50
Electrical output	kW	5085	3810	2520
Mechanical output	kW	5210	3910	2595
Specific energy consumption:	kJ/kWh	7575	7725	8460
Fuel gas consumption:	kW	10960	8390	6095
Charge air cooler LT/HT:	kW	460 / 580	245 / 255	125 / 45
Lub.oil cooler:	kW	595	545	500
Jacket water cooler (heat diss. Eng.)	kW	730	560	440
Exhaust mass:	kg/h	28100	21500	14900
Exhaust gas temperature:	°C	415	460	485
Lub.oil consumption:	g/kWh	0,4	0,4	0,3
Nom. el. Efficiency :	%	46,4	45,4	41,3

The performance data is based on:

- All technical data are valid at 100% load, including two engine driven pumps (lub. oil and jacket water).
- Without engine driven pumps, subtract 0,5% on fuel cons. per pump.
- Gen-set power is defined as Continuous Power (COP) according to ISO 8528-1 and IEC 34-1.
- Fuel gas consumption is according to ISO 3046-1.
- Reference site conditions:
 - Altitude above sea level:.....max. 260 m
 - Air temperature:.....5-35°C
 - Max. cooling water temp inlet charge air cooler, two stage :.....44°C
 - Relative humidity:.....max. 60%
 - Exhaust back pressure:.....max. 400 mmWG
- Reference fuel is natural gas with a lower heating value of 36 MJ/Nm³, min methane no. 70, AVL
- Data for heat dissipation is based on turbocharger air suction temp. 25°C with a tolerance of +/- 5%.
- Cooling water flow LT-charge air cooler, two stage:.....min. 108 m³/h
- Minimum fuel gas pressure to the fuel gas module: 3,5 bar_g.
- Power factor, cosφ = 0,9, generator efficiency given according to AvK DIG 156 a/8, 6,3kV
- Due to continuous development, data may change.

Ilustración 29. Datos Técnicos del Motor

Una vez montada la instalación, es preciso realizar unos ensayos y pruebas:

Pruebas de funcionamiento del motor:

Se realizarán ensayos en el motor con cargas de 50%, 75% y 100% en los siguientes parámetros, adjuntando el correspondiente certificado:

- Potencia del motor
- Consumo de combustible
- Presión de carga
- Temperatura de escape de los gases
- Presión del aceite de lubricación
- Temperatura del agua de refrigeración

Pruebas de funcionamiento del conjunto (motor-generador):

Se efectuarán, en otras, las siguientes pruebas:

- Control visual de los equipos
- Verificación del funcionamiento:
 - Arranque manual y automático del grupo
 - Regulación de la potencia de forma manual y automática
 - Funcionamiento de los dispositivos de seguridad
- Mediciones al 50%, 75% y 100% de carga, de parámetros como: frecuencia, intensidad, voltaje, potencia del alternador, factor de potencia...

Por último, se revisará todo el proceso de transporte, montaje, pruebas, etc y se verificarán los límites de suministro.

13 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

La actividad de una central de cogeneración puede incluirse dentro de la clasificación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, ya que podría ser molesta por producción de ruidos y gases, e insalubre y nociva por desprendimiento de gases tóxicos.

Por ello, para evitar el posible impacto ambiental, se analizan los posibles focos y se proponen unas medidas correctoras que se ven en la siguiente tabla:

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

POSIBLE FOCO	MEDIDAS CORRECTORAS	GRADO DE PERNICIOSIDAD
Polvos, basuras y Otros Residuos sólidos.	No se genera ningún tipo de residuo sólido ni se manejan sustancias pulverulentas.	Ninguno
Efluentes líquidos.	Las purgas y vaciados de equipos son inocuos y tratados convenientemente para eliminar cualquier efecto nocivo, de acuerdo con la normativa vigente al respecto.	Ninguno
Humos y emisores gaseosas.	El combustible empleado en la instalación es gas natural. El exceso de aire comburente asegura la total combustión del mismo. La composición de los gases de escape a la atmósfera es una mezcla de CO ₂ , N ₂ , H ₂ O, y O ₂ .	Ninguno

	Contiene, además, un pequeño porcentaje de óxidos de nitrógeno (NO _x), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (NMHC) aunque inferior a los límites máximos exigidos por la legislación. En funcionamiento normal no habrá otras emisiones gaseosas que los gases de combustión.	
Olores	La completa combustión del gas asegura la no aparición de ningún tipo de olor.	Ninguno
Ruidos	Se adoptaran los silenciadores y aislamiento acústicos necesarios para asegurar que el nivel sonoro no sobrepase los límites exigidos	Ninguno
Vibraciones	La principal máquina que podría generarias no está concebida para funcionar con alto nivel de vibración. En cualquier caso su instalación se realiza de forma que se evite la transmisión de vibraciones.	Ninguno
Materiales inflamables y explosivos	Tanto la instalación de gas natural, como los aparatos consumidores de gas cumplirán con la normativa actualmente vigente. De cualquier forma, la central de cogeneración contara con equipos contraincendios.	Ninguno

Ilustración 30. Medidas correctoras para reducir el impacto ambiental del proyecto

El mayor problema suelen ser los humos y emisiones gaseosas a la atmósfera, que se limita con el Real Decreto 833/75, el cual establece los niveles de emisión de contaminantes, entre otras actividades, para el caso de una central de cogeneración, y que serán los siguientes:

CO < 500 ppm
SO ₂ < 4.300 mg/(n)m ³
NO _X < 300 ppm

Ilustración 31. Límite de emisiones de contaminantes

14 SEGURIDAD

Dado el carácter de algunos de los equipos, como la caldera de recuperación, es necesario cumplir con las distancias de seguridad y medidas de protección reglamentarias, que se detallan en el Reglamento de Aparatos a Presión:

- Riesgo de clase 1: afecta a viviendas, zonas de trabajo y cualquier vía o lugar público. La distancia mínima será 1'5m, pero para distancias menores de 14m es imprescindible un muro intermedio de 20 cm de hormigón armado o 45 cm de ladrillo, hormigón en masa o mampostería.
- Riesgo de clase 2: afecta a zonas donde haya personas de modo permanente, como talleres, salas de trabajo, etc. que pertenezcan al usuario. La distancia mínima deberá ser de 1m, pero para distancias menores de 10m es imprescindible un muro intermedio de 15 cm de hormigón armado o 30 cm de ladrillo, hormigón en masa o mampostería.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

La caldera de recuperación será Riesgo de clase 1 y el motor Riesgo de clase 2. Otros riesgos serán, de acuerdo a la norma UNE 20.322, la Estación de Regulación y Medida del GN.

Como prevención adicional, se contará con un sistema contra incendios y de detección de gas, para garantizar la seguridad de las personas y de la maquinaria del lugar, además de los sistemas de ventilación habituales, que ayudan a prevenir accidentes de este tipo.

CONDICIONES CONTRACTUALES

15 INTRODUCCIÓN Y BASES FUNDAMENTALES

Se ha elaborado una oferta comercial para este proyecto, cuyo objetivo es valorar y establecer las condiciones económicas para el suministro de la Planta de Cogeneración para la fábrica 'CONSERVAS DE GALICIA', para generar energía eléctrica y térmica. De aquí en adelante se denominará PROPIEDAD. Por su parte, el SUMINISTRADOR será aquel que realiza la oferta comercial.

La oferta se ha realizado según la documentación disponible en el momento de dicha oferta y forma parte de la documentación contractual, siguiente el siguiente orden de prioridades:

- I. La carta de intención de la PROPIEDAD
- II. La oferta del SUMINISTRADOR
- III. La petición de oferta de la PROPIEDAD

Esta propuesta será válida siempre que se firme un contrato que resulte satisfactorio para ambas partes.

16 ALCANCE DEL SUMINISTRO Y SERVICIOS

El alcance del trabajo y los servicios llevados a cabo por el SUMINISTRADOR comprenderán lo descrito en el presente documento. No se incluyen en la propuesta ni repuestos ni mantenimiento de equipos.

Una vez adjudicado el contrato, el SUMINISTRADOR podrá incluir en la oferta los repuestos y el contrato de mantenimiento, con objeto de conseguir las mejores condiciones para la PROPIEDAD.

17 PRECIO DEL PROYECTO

El precio total correspondiente al suministro asciende a 4.470.676 €, sin IVA incluido. Dicho precio no incluye ningún costo de financiación durante la construcción de la planta y es válido únicamente para la contratación de la totalidad del proyecto.

17.1 Plazo de validez de la oferta

La oferta es válida durante un periodo de cuatro meses. El precio ofertado es fijo durante dicho plazo y transcurrido el periodo, el incremento del precio será de 0'6 % por mes.

17.2 Condiciones del precio

El precio incluye: costes de ingeniería, material y mano de obra (fabricación y transporte), descarga, asentamiento, montaje, pruebas, formación del personal de operación, puesta en servicio y documentación de los equipos y accesorios que cubre el proyecto. También se incluyen toda clase de impuestos, tasas, derechos, seguridad social, etc. que graven los suministros y servicios.

No se incluyen en el precio el IVA, que será repercutido a la PROPIEDAD al tipo aplicable en el momento de facturación, así como los visados de proyecto, tasas municipales y cualquier otro impuesto de las Administraciones locales, autonómicas y central que se requieran para la tramitación de permisos y legalizaciones.

No se revisará el precio por cambios en el precio de mano de obra y materiales, salvo retraso importante en el plazo de entrega por causas no imputables al SUMINISTRADOR. Pero cualquier variación del alcance del suministro, por causas no imputables exclusivamente a éste, se facturará aparte, previo acuerdo de los precios con la PROPIEDAD.

17.3 Condiciones de facturación

Las condiciones de pago acordadas serán las siguientes:

- 15 % en el pedido: el SUMINISTRADOR entregará un aval bancario del valor del 15% del contrato, válido hasta el inicio de la explotación.
- 10 % a los 4 meses del contrato.
- 40 % a la entrega en obra de los equipos para proceder al montaje. Se producirá a los 8 meses del contrato.
- 25 % a la finalización del montaje, a los 14 meses.
- 10 % a la puesta en marcha de la planta: el SUMINISTRADOR entregará un aval bancario del valor del 10% del contrato, válido hasta la recepción definitiva.

La PROPIEDAD efectuará los pagos en un plazo de 60 días desde la fecha de facturación mediante transferencia bancaria a la entidad que indique el SUMINISTRADOR. Cualquier retraso en el pago, supondrá un interés del 1% mensual.

18 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

18.1 Plazos

La ejecución del suministro se realizará en las siguientes fechas:

- Inicio de la explotación: 13 meses después de la firma del contrato.
- Recepción provisional: 14 meses después de la firma del contrato.
- Recepción definitiva: 12 meses después de la recepción provisional.

18.2 Definiciones

18.2.1 Entrega de equipos

Los equipos se considerarán entregados, a efectos de pago, si han sido asentados en recinto de la PROPIEDAD y han superado una revisión a cargo de personal autorizado por la PROPIEDAD.

18.2.2 Inicio de explotación

Se podrá iniciar la explotación si se supera las siguientes fases:

- Análisis preliminar y chequeo de componentes: para garantizar las condiciones necesarias para la puesta en marcha.
- Prueba en continuo de la instalación completa, hasta conseguir su operación en continuo durante 24 horas, sin interrupciones por causas imputables al SUMINISTRADOR. Debe trabajar de la forma prevista sin anomalías graves.

18.2.3 Recepción provisional

La instalación se pone a prueba durante 4 semanas en las que trabajará a la capacidad especificada en su diseño.

Durante las dos primeras semanas pueden realizarse paros para reparaciones y ajustes. Si no son necesarios, la fase se dará por concluida. Si se han realizado paros, las dos semanas restantes serán de operación ininterrumpida, y si en ese periodo se produce algún fallo atribuible al SUMINISTRADOR, deberá empezarse de nuevo con las dos semanas sin interrupción.

El responsable de la instalación ante fallos de operación u otras causas será el SUMINISTRADOR, hasta la firma del acta de Recepción Provisional.

Superadas las pruebas, se realiza el traspaso de titularidad de la planta a la PROPIEDAD.

18.2.4 Prueba de rendimiento

Las pruebas de rendimiento se podrán realizar durante las pruebas conjuntas de funcionamiento y se llevarán a cabo según el protocolo que se acuerde entre la PROPIEDAD y el SUMINISTRADOR, de acuerdo a métodos internacionales reconocidos, tomando las señales de los indicadores de los paneles y otros sistemas de medida de la instalación. A los resultados se les aplicará los márgenes de error correspondientes.

18.2.5 Retraso en pruebas

Si por motivos ajenos al SUMINISTRADOR, no se puede realizar cualquiera de las pruebas cuando se informa que la instalación está disponible para ello, se considerará que se han cumplido los plazos. El SUMINISTRADOR deberá pasar las pruebas cuando la instalación esté disponible, pero transcurridos seis meses desde la notificación inicial, esta obligación cesará.

18.2.6 Recepción definitiva

Un año después de la firma del Acta de Recepción Provisional, se producirá de forma automática la Recepción Definitiva. Si no se observan anomalías, no será necesario realizar comprobaciones. En caso contrario, la PROPIEDAD informará de cuáles son los defectos y se volverán a realizar las pruebas. Finalmente, se firmará el Acta de Recepción Definitiva, entregando total y definitivamente la instalación a la PROPIEDAD.

19 GARANTÍAS

El SUMINISTRADOR garantiza el suministro en los siguientes aspectos:

19.1 Garantías de diseño, construcción y mantenibilidad

El SUMINISTRADOR garantiza que los componentes de su suministro se han diseñado para atender las condiciones específicas del proyecto, en base a las normas de la Comunidad Europea. Además, certifica que la construcción se realizará con materiales, equipos e instrumentos de nueva ejecución.

Asimismo, durante el periodo de garantía, el SUMINISTRADOR asumirá los costes por sustitución y/o reparación de materiales y accesorios defectuosos. También cubrirá lo procedente de la subcontratación. Los componentes sustituidos dispondrán del total del periodo de garantía desde la fecha de sustitución.

El periodo de garantía se extenderá por 1 año desde la fecha de Recepción Provisional.

19.2 Garantías de disponibilidad

El sistema está previsto para un funcionamiento de unas 6.000 horas al año. El SUMINISTRADOR deberá establecer un valor de garantía para la disponibilidad y fiabilidad. También indicará los requisitos de tiempo necesarios para el mantenimiento programado de su suministro.

La supervisión solo incluirá posibles fallos de los que sea responsable el SUMINISTRADOR, no teniendo en cuenta los retrasos en las tareas de mantenimiento que se produzcan por causas ajenas a éste.

19.3 Garantías de soporte

La garantía sobre el suministro comporta el soporte del SUMINISTRADOR a la PROPIEDAD para asegurar la máxima operatividad del sistema, atendiendo las incidencias que ocurran sobre su suministro, vía telefónica o presencialmente, según lo que se requiera en cada caso. Una vez superado el período de garantía, el SUMINISTRADOR facturará a la PROPIEDAD lo que corresponda la reparación.

19.4 Garantías de ejecución

El SUMINISTRADOR presentará al comienzo del trabajo un plan de ejecución de obra, en intervalos mensuales, donde figurarán los caminos críticos y los hitos de obligado cumplimiento.

19.5 Garantía financiera

El SUMINISTRADOR presentará un aval bancario por valor del 10% del importe del contrato, a la recepción del pedido, y que será emitido por una entidad de solvencia reconocida. Estará en vigor hasta la fecha de inicio de la explotación de la planta.

20 PENALIZACIONES

20.1 Penalizaciones sobre el plazo de entrega

En caso de que el SUMINISTRADOR incumpliera el plazo final fijado para la Recepción Provisional de la instalación, por causas imputables al mismo, tendrá una penalización del 0'5% del precio total del suministro por cada semana incumplida. Esta penalización queda limitada a un máximo del 5% del importe total del suministro.

20.2 Penalizaciones sobre prestaciones

20.2.1 Por disponibilidad del suministro

Si el coeficiente de disponibilidad de alguno de los equipos no alcanza el valor garantizado por el SUMINISTRADOR debido a defectos de construcción o funcionamiento, se aplicará una penalización del 0'3% del precio total del equipo afectado por cada punto completo por debajo del valor de garantía.

20.2.2 Por disminución de la potencia del conjunto motor-generator

Si, después de realizar los ajustes pertinentes, no se cumple la potencia garantizada en el conjunto, la penalización será del 0'5% por cada punto de disminución de potencia (en %).

20.2.3 Por aumento de consumo del combustible en el grupo

Si, después de realizar los ajustes pertinentes, no se cumple el consumo específico de combustible en el sistema, la penalización será del 0'5% por cada punto de aumento de consumo (en %).

La PROPIEDAD se reserva el derecho de rechazar el suministro, si no se cumplen las garantías mencionadas. En cualquier caso, las penalizaciones quedarán limitadas a un máximo del 5% del coste, en cada categoría.

21 MODIFICACIONES

El SUMINISTRADOR deberá traer una oferta completa y detallada en caso de modificación de cualquier parte del proyecto, en la que consten las consecuencias de dichas modificaciones respecto a sus suministros y entregas, y la validez de la oferta, que no deberá ser inferior a 60 días, si el plazo final lo admite. Sólo podrá iniciarse la ejecución de los trabajos de modificación si se dispone de la correspondiente autorización de la PROPIEDAD por escrito.

22 SEGUROS

El SUMINISTRADOR será el único responsable de los accidentes que ocurran a su personal, al de la PROPIEDAD o a terceros, así como de los daños que cause a las instalaciones o equipos debido a las operaciones que realizan. Para ello, el SUMINISTRADOR dispondrá de una póliza de seguro que cubra los riesgos, y acreditará a la PROPIEDAD de su existencia. Por otro lado, cualquier daño, producido por causas ajenas al SUMINISTRADOR o sus subcontratistas, quedará cubierto mediante los seguros suscritos a terceros.

23 OBLIGACIÓN

El SUMINISTRADOR efectuará el trabajo según las leyes y reglamentos vigentes en el territorio español en la fecha del pedido. Si estas leyes varían, se habrán de modificar las características del proyecto, realizando la correspondiente oferta conforme al apartado 21 (modificaciones).

Por otro lado, el SUMINISTRADOR está obligado a suministrar los materiales del pedido libres de responsabilidad de cualquier tipo, corriendo a su cargo los gastos que ocasione la defensa del derecho de Propiedad Industrial de los mismos, exceptuando el caso de que el diseño sea de la PROPIEDAD.

24 FUERZA MAYOR

Se define Fuerza Mayor como aquellas eventualidades no causadas por alguna de las partes y que son imprevisibles a la firma del pedido. Ninguna de las partes será juzgada por no cumplir sus obligaciones debido a estas causas, pero si están obligadas a comunicar, por escrito a la otra parte, el comienzo y final de la causa de Fuerza Mayor.

Si este periodo excede los seis meses, la PROPIEDAD y el SUMINISTRADOR tratarán de llegar a un acuerdo para no rescindir el pedido. Si este acuerdo no

se consiguiera, se rescindiría el pedido sin perjuicio de los derechos y obligaciones asumidos hasta dicha fecha y ninguna de las partes pedirá indemnización.

25 RETRASOS

El SUMINISTRADOR se compromete a notificar inmediatamente a la PROPIEDAD de cualquier retraso que pudiera producirse en el desarrollo del proyecto por causas de fuerza mayor o cualquier otra causa que implique el incumplimiento de plazos y costes estipulados. Además, deberá proponer medidas para recuperar lo antes posible los tiempos perdidos.

26 RESCISIÓN DEL PEDIDO

La PROPIEDAD podrá rescindir el pedido, después de enviar notificación por escrito, si el SUMINISTRADOR no cumple con sus obligaciones contractuales esenciales dentro de los 3 meses siguientes a la fecha pactada o es declarado en suspensión de pagos, quiebra, embargo, etc.

El SUMINISTRADOR podrá rescindir el pedido, después de enviar notificación por escrito, si la PROPIEDAD no cumple con sus obligaciones contractuales esenciales referentes a pagos en los 3 meses siguientes a la fecha pactada.

Ambas partes mantendrán las obligaciones asumidas hasta la fecha de entrada en vigor de la rescisión, comunicada a la parte inculpada mediante una carta enviada por notario. Excepción a esto son las causas de Fuerza Mayor.

27 NORMATIVA Y PERMISOS

Para el diseño y construcción de la planta de cogeneración, se tendrá en cuenta la normativa vigente en España y en la Comunidad Autónoma de Galicia, en aspectos tanto de seguridad como medioambientales.

Las cuestiones sujetas a dicha normativa serán las siguientes:

- Aparatos de presión
- Instalación eléctrica de baja tensión
- Instalación eléctrica de alta tensión
- Condición de planta autogeneradora
- Obra civil
- Condiciones de seguridad y medio ambiente
- Certificado de dirección y final de obra

También deberán cumplirse las normas tecnológicas con sus instrucciones técnicas complementarias.

28 ARBITRAJE Y LEY APLICABLE

Las cuestiones del pedido que surjan una vez firmado el contrato se someterán a un arbitraje de equidad mediante una autoridad aceptada por ambas partes. Si no se alcanzara un acuerdo, las partes se someterán a los juzgados y tribunales, siendo la ley aplicable la española.

29 INSTALACIONES PROVISIONALES Y UTILIZACIÓN DE SERVICIOS

La PROPIEDAD se hará cargo de los gastos de agua, electricidad, etc y de los espacios requeridos por la empresa suministradora. Asimismo, deberá suministrar líneas telefónicas para uso del SUMINISTRADOR y subcontratistas. Si se requieren instalaciones específicas no disponibles, el SUMINISTRADOR deberá procurárselas por su cuenta.

Por otro lado, la responsabilidad de la vigilancia y seguridad física de los materiales y equipos del SUMINISTRADOR, depositados en el recinto de la PROPIEDAD, quedará a cargo de los servicios de la PROPIEDAD.

30 ORGANIGRAMA DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

30.1 DIRECCIÓN FACULTATIVA

La Dirección Facultativa del proyecto la realizará el SUMINISTRADOR, cumpliendo con las atribuciones y responsabilidades que la legislación vigente le otorga sobre el particular.

30.2 CORRESPONDENCIA Y PERSONAL DE ENLACE

Con el pedido, se establecerán las personas de ambas partes, PROPIEDAD y SUMINISTRADOR, que serán los interlocutores válidos durante el proyecto.

30.3 SUPERVISIÓN DE FABRICACIÓN Y RECEPCIÓN

El SUMINISTRADOR autoriza a la PROPIEDAD a que pueda desplazar a sus talleres o a los de sus subcontratistas a cualquier persona que lo represente, previa comunicación por escrito y en horas laborables, con el fin de inspeccionar la ingeniería, fabricación y montaje, así como el control de calidad y el cumplimiento de los plazos estipulados. Estas supervisiones no alterarán el programa de fabricación y entregas ni eximirán al SUMINISTRADOR de las responsabilidades y obligaciones asumidas.

30.4 AUTORIZACIÓN DE SUBCONTRATACIONES

El SUMINISTRADOR deberá avisar a la PROPIEDAD de su intención de subcontratar empleados que trabajen en las instalaciones, para su aceptación, y así, recibir copia de la parte técnica subcontratada.

30.5 PERSONAL CONTRATADO O SUBCONTRATADO

Cualquier trabajo de ejecución de este proyecto será realizado por personal del SUMINISTRADOR con afiliación a la Seguridad Social y éste deberá hacer

cumplir esta normativa a sus subcontratistas. Además, el SUMINISTRADOR está obligado a cumplir con las disposiciones de carácter Social, Laboral, Seguridad e Higiene en el trabajo y Medio Ambiente, contenidas en la reglamentación vigente. Asimismo, deberá disponer de una póliza de seguro contra riesgos de indemnización por causas de incapacidad permanente o muerte de su personal. La PROPIEDAD, por su parte, podrá exigir la presentación de los justificantes de pago de estos seguros.

31 MEDIOS AUXILIARES

Cualquier medio auxiliar, como andamios, pequeña maquinaria o personal auxiliar no cualificado, requerido en la ejecución correrán por cuenta del SUMINISTRADOR.

32 CONFIDENCIALIDAD

El SUMINISTRADOR no revelará datos que pueda obtener de su relación con la PROPIEDAD a terceros. Asimismo, ningún documento, correspondiente al material suministrado ni la utilización que la PROPIEDAD hace del mismo, podrá ser citado o usado por el SUMINISTRADOR con fines publicitarios, sin la correspondiente autorización de la PROPIEDAD.

La PROPIEDAD, por su parte, no podrá hacer uso de la información que dispone para otros fines diferentes al pedido realizado, salvo previa autorización por escrito por parte del SUMINISTRADOR.

33 ENTRADA EN VIGOR

Este pedido adquirirá el carácter de Contrato de compraventa en firme en el momento en que sea expresamente aceptado y firmado por el SUMINISTRADOR. Las presentes condiciones comerciales prevalecerán sobre

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

otras que puedan ser establecidas y no podrán ser modificadas ni dejadas sin efecto a no ser por pacto expreso entre la PROPIEDAD y el SUMINISTRADOR, reflejado por escrito.

DOCUMENTO III.

PRESUPUESTO

34 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene la información relativa al presupuesto del proyecto y su distribución de tareas.

En primer lugar, se analizarán las tareas a realizar, así como el tiempo que se necesitará para llevarlas a cabo, y se distribuirán en un diagrama de Gantt de la manera más beneficiosa posible para el proyecto, es decir, para que los gastos sean mínimos, pero siempre haciendo el trabajo correctamente.

A continuación, se estudiarán los gastos que se requieren para el proyecto, como por ejemplo, la compra de los equipos que se van a instalar, las obras para su instalación, y los empleados que serán necesarios para el trabajo o los que habrá que subcontratar.

Por último, se hará un análisis en profundidad de lo que suponen los gastos realizados y como podrán ser recuperados, en comparación con el sistema anterior. Es decir, se estudiará la rentabilidad del proyecto, y a su vez, se calculará el tiempo de retorno necesario para recuperar la inversión.

35 GANTT

En la primera figura, se dibuja el diagrama de Gantt con las tareas que es necesario llevar a cabo.

El proyecto comenzará con dos meses de trabajo de Ingeniería Básica, y después continuará con ocho meses de Ingeniería Detalle, que se alargará hasta más de la mitad de la duración del proyecto, para corregir o modificar detalles que a primera vista no se habían observado.

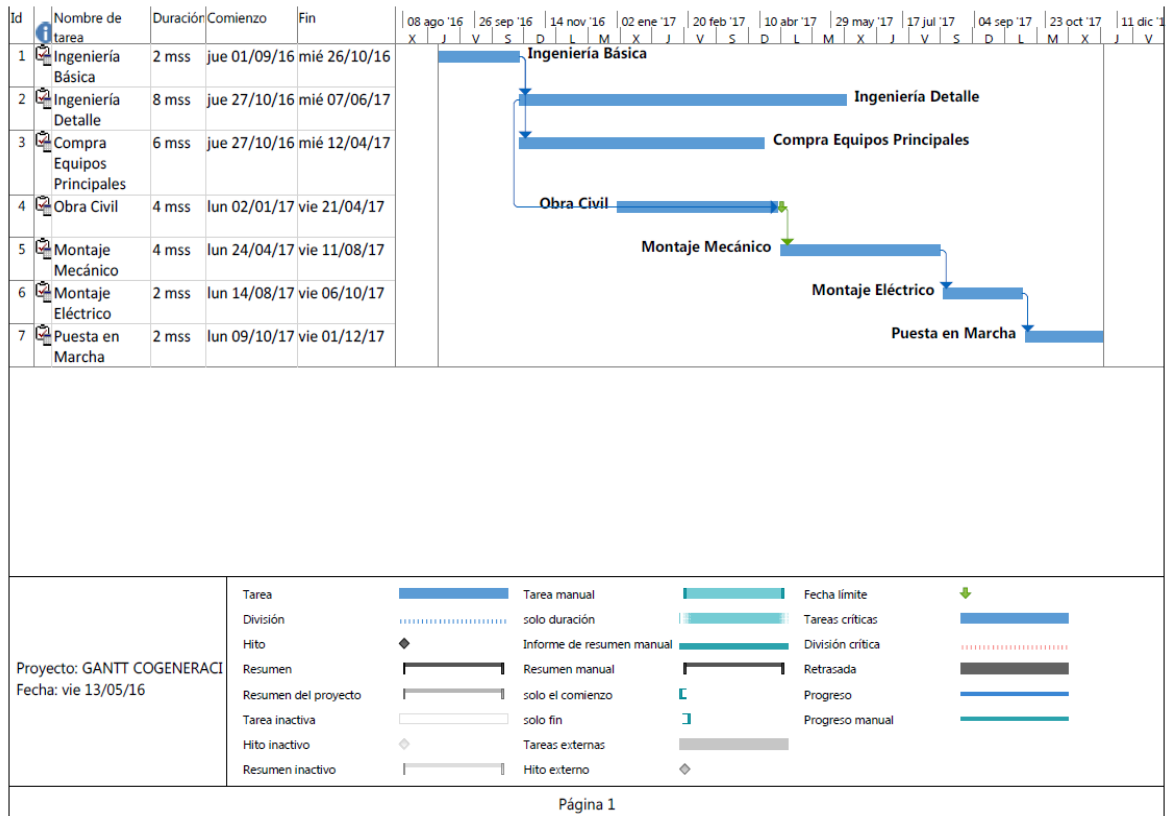


Ilustración 32. Gantt del Proyecto - TAREAS

La Compra de los Equipos Principales comenzará a la vez que la Ingeniería Detalle, ya que son dos actividades que se pueden solapar, y ambas dependen únicamente de que la Ingeniería Básica haya acabado. Esto tomará unos seis meses de trabajo.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

A los cuatro meses del comienzo del proyecto, se empieza la Obra Civil, que durará otros cuatro meses. Una vez acabada, se llevará a cabo el Montaje Mecánico de los equipos, que tomará cuatro meses, y a su fin, se iniciará el Montaje Eléctrico de la instalación, que tendrá una duración de dos meses. Finalmente, acabado el montaje de toda la instalación, se procede a la Puesta en Marcha, que llevará unos dos meses de tiempo, y que será el fin del proyecto.

Hasta ahora solo se han mencionado las tareas a realizar, pero hay que tener en cuenta cuales de ellas son tareas críticas, ya que condicionarán el cumplimiento de los tiempos garantizados en el proyecto.

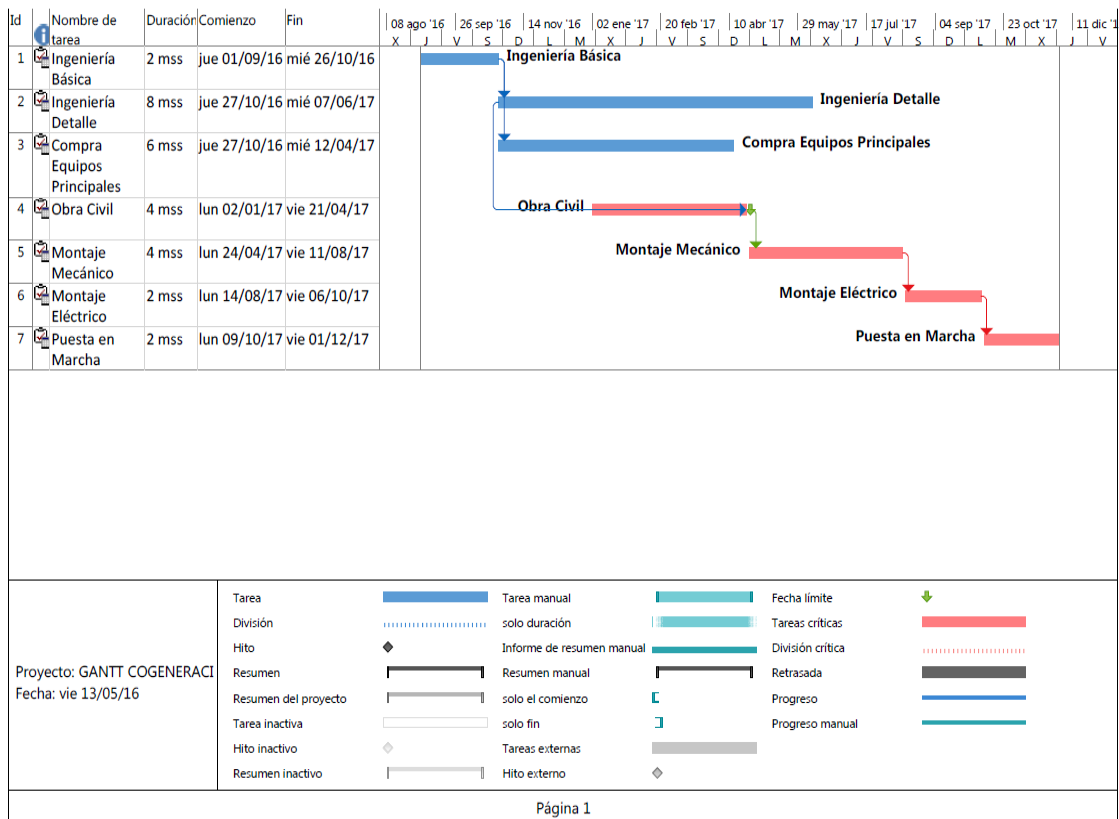


Ilustración 33. Gantt del Proyecto - TAREAS CRÍTICAS

Únicamente habrá que prestar especial atención a: Obra Civil, Montaje Mecánico, Montaje Eléctrico y Puesto en Marcha. Esto se debe a que la Puesta en Marcha depende de que finalice el Montaje Eléctrico, y éste de que acabe el Montaje Mecánico, que también depende de que termine la Obra Civil.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Por tanto, son actividades que no se pueden solapar, y como la Puesta en Marcha es la última del proyecto, de su final depende el final del proyecto. Si se produjese cualquier atraso en alguna de estas cuatro tareas, repercutiría en el progreso de las tareas que vienen después, y alteraría la duración del proyecto, causando retrasos, y el correspondiente aumento del coste. Por todo esto, se consideran tareas críticas.

Así, por lo que se acaba de explicar, estas tareas críticas no deberán extenderse en su duración, ya establecida, y por ende, su margen de demora total será de cero meses, como se observa en la figura siguiente.

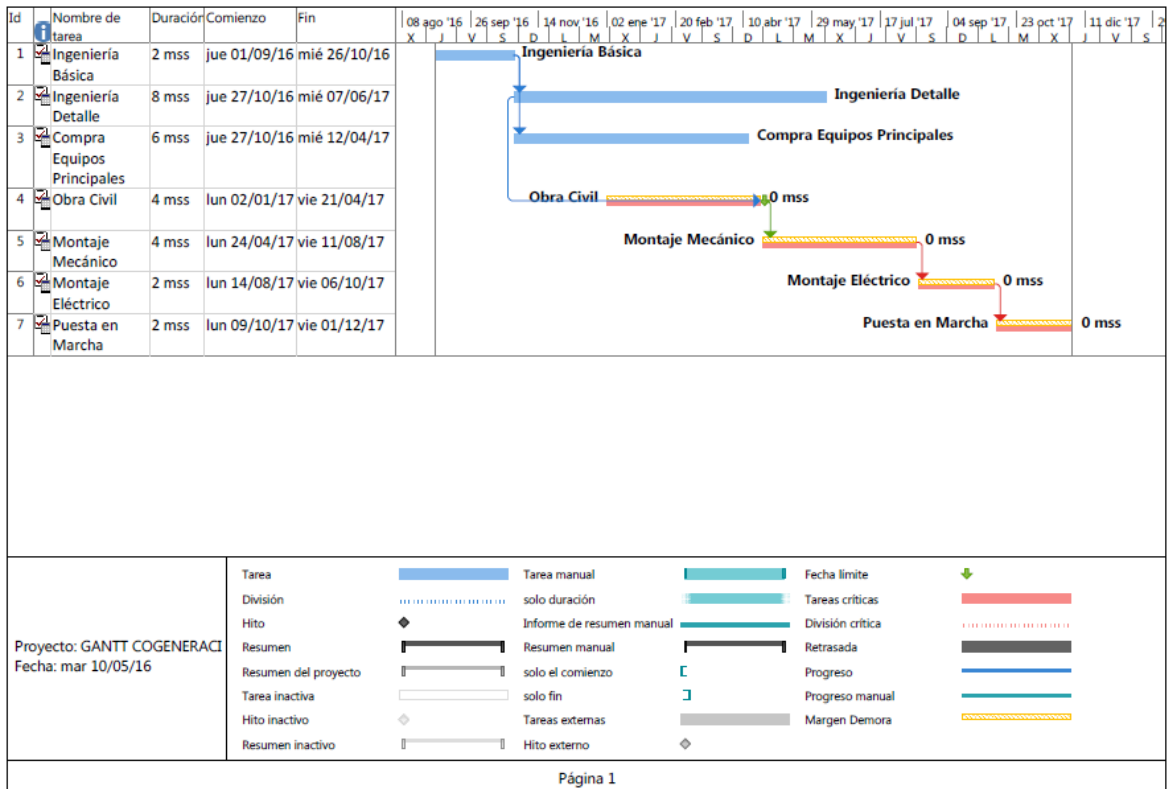


Ilustración 34. Gantt del Proyecto - MDT en Tareas Críticas

En cambio, en el diagrama de Gantt dispuesto a continuación, se puede observar como las tareas no críticas (Ingeniería Básica, Ingeniería Detalle y Compra de Equipos Principales) tienen un margen de demora total más amplio.

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

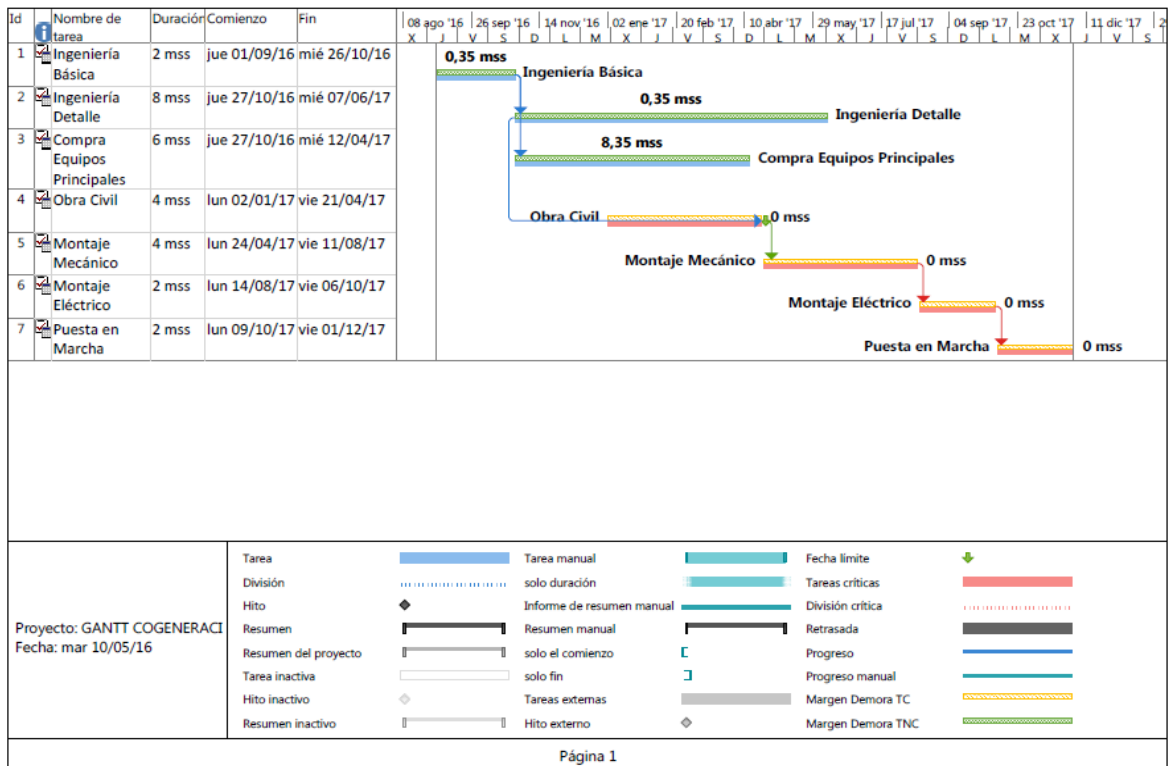


Ilustración 35. Gantt del Proyecto - MARGEN DE DEMORA TOTAL

36 PRESUPUESTO

En este apartado, se va a analizar y desglosar detalladamente el presupuesto del proyecto, desde la Ingeniería Básica hasta la Puesta en Marcha. Para ello, se dividirá en dos secciones:

36.1 PRESUPUESTO DE INGENIERÍA Y DISEÑO DE OBRA

En esta parte del presupuesto hay que tener en cuenta varios factores. En primer lugar, se contabilizarán las **horas de trabajo** de los empleados a cargo del proyecto, como ingenieros Senior, ingenieros Junior o delineantes proyectistas. Esta información se adjunta en la siguiente tabla:

	Nº HORAS	COSTE HORARIO (€/h)	TOTAL (EUROS)
Ingeniero Senior	500	100	50.000
Junior	1.600	50	80.000
Delineante Proyectista	160	25	4.000
		SUBTOTAL	134.000

Por otro lado, hay que tener en cuenta las **amortizaciones** del proyecto, que serán las siguientes:

	COSTE (€)	VIDA ÚTIL (Años)	VIDA ÚTIL (h)	USO (h)	TOTAL (€)
Ordenador	2.500	5	8.000	1.400	437,5
Programas Informáticos	1.200	1	1.600	720	540
				SUBTOTAL	977,5

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Finalmente, se contabilizan los **gastos** acarreados en la empresa por la realización de este proyecto, que serán:

	COSTE (€/mes)	Nº MESES	TOTAL (€)
Alquiler Local	1.000	10	10.000
Viajes	100	10	1.000
Fungibles	50	10	500
SUBTOTAL			11.500

En resumen, en esta parte del presupuesto, se suman los factores ya mencionados (horas internas, amortizaciones, gastos) y las subcontrataciones que realiza la empresa. Esto son unos 147.000€, a los que hay que sumar los costes indirectos, dando un total de 150.019'05€.

HORAS INTERNAS	134.000
AMORTIZACIONES	977,5
GASTOS	11.500
SUBCONTRATACIONES	600
SUBTOTAL	147.077,5
COSTES INDIRECTOS	2.941,55
TOTAL	150.019,05

36.2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MEJORAS EN LA INSTALACIÓN

Esta sección del presupuesto del proyecto abarca toda la parte de la ejecución de mejoras en la instalación, es decir, la obra civil, el montaje mecánico y montaje eléctrico, la puesta en marcha y el coste de todos los equipos que se compran para la implantación de la cogeneración en la fábrica.

Primeramente, se señalan los **costes de cada equipo**:

	COSTE TOTAL (€)
MOTOR	1.730.000
GENERADOR ELÉCTRICO	290.000
CALDERA DE RECUPERACIÓN	235.000
EQUIPOS AUXILIARES	530.000
SUBTOTAL	2.785.000

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

A continuación, se muestran los costes de la **obra civil** a realizar para poder instalar los equipos en la planta. En la tabla siguiente están los costes de las horas de trabajo de los operarios:

	Nº OPERARIOS	COSTE HORARIO (€/h)	Nº MESES TRABAJO	Nº HORAS	COSTE TOTAL (€)
MOTOR	4	25	4	640	64.000
GENERADOR ELÉCTRICO	4	25	4	640	64.000
CALDERA DE RECUPERACIÓN	2	25	3	480	24.000
EQUIPOS AUXILIARES	3	25	2	320	24.000

Que sumados a los costes de materiales y equipos para realizar la obra civil, quedan 586.000 €:

COSTE OPERARIOS	176.000
COSTE MATERIALES Y EQUIPOS	410.000
SUBTOTAL	586.000

Por otro lado, se considera el coste del **montaje mecánico**:

	Nº OPERARIOS	COSTE HORARIO (€/h)	Nº MESES TRABAJO	Nº HORAS	COSTE TOTAL (€)
MOTOR	3	40	4	640	76.800
GENERADOR ELÉCTRICO	3	35	4	640	67.200
CALDERA DE RECUPERACIÓN	1	30	4	640	19.200
EQUIPOS AUXILIARES	2	30	3	480	28.800

Y al igual que en la obra civil, habrá que sumarle los costes de equipos y materiales usados, lo que da un total de:

COSTE OPERARIOS	192.000
COSTE MATERIALES Y EQUIPOS	260.000
SUBTOTAL	452.000 €

Finalmente, se tendrán en cuenta los costes del **montaje eléctrico**:

	Nº OPERARIOS	COSTE HORARIO (€/h)	Nº MESES TRABAJO	Nº HORAS	COSTE TOTAL (€)
MOTOR	3	40	2	320	38.400
GENERADOR ELÉCTRICO	2	40	2	320	25.600
CALDERA DE RECUPERACIÓN	1	30	2	320	9.600
EQUIPOS AUXILIARES	1	25	2	320	8.000

De nuevo, habrá que sumar los costes de los materiales y equipos empleados, lo que da un total de:

COSTE OPERARIOS	81.600
COSTE MATERIALES Y EQUIPOS	230.000
SUBTOTAL	311.600 €

Una vez mencionados todos los costes, el resumen del presupuesto global del proyecto se muestra en la siguiente tabla, dando un coste total de 4.470.676 €.

OBRA CIVIL	586.000
MONTAJE MECÁNICO	452.000
MONTAJE ELÉCTRICO	311.600
GASTOS EQUIPOS	2.785.000
SUBTOTAL	4.134.600
COSTES INDIRECTOS	41.346
COSTES FINANCIEROS	20.673
IMPREVISTOS	124.038
SUBTOTAL	4.320.657
PRESUPUESTO INGENIERÍA	150.019
TOTAL (€)	4.470.676

37 RENTABILIDAD

Calculado el presupuesto, se procede a analizar la rentabilidad del proyecto. Para ello, se parte de los siguientes datos:

$$\text{INVERSIÓN: } I = 4.470.676 \text{ €}$$

$$\text{PRECIO ENERGÍA ELÉCTRICA: } EE = 50 \text{ €/MWh}$$

$$\text{COSTE GAS NATURAL: } GN = 0'02 \text{ €/kWh}$$

El primer paso para el cálculo de la rentabilidad es hallar el ahorro de energía eléctrica, una vez instalada la planta de cogeneración:

$$\text{Ahorro EE} = 5.085 \text{ kW} \cdot (1 \text{ MW} / 1000 \text{ kW}) \cdot 6000 \text{ h/año} \cdot 50 \text{ €/MWh} = 1.525.500 \text{ €}$$

A continuación, se calcula el ahorro de vapor, debido a la instalación de este nuevo sistema. Tomando el rendimiento de una caldera convencional:

$$\eta = 0'9 = m_v \cdot (h_1 - h_3) / Q_{vc} \rightarrow Q_{vc} = 1 \text{ kg/s} \cdot (2778 - 376) / 0'9$$

$$Q_{vc} = 2.669 \text{ kW}$$

$$\text{Ahorro VAPOR} = 2.669 \text{ kW} \cdot 6000 \text{ h/año} \cdot 0'02 \text{ €/kWh} = 320.280 \text{ €}$$

Por otro lado, el coste de gas natural ascenderá a:

$$\text{Coste GN} = 10.960 \text{ kW} \cdot 6000 \text{ h/año} \cdot 0'02 \text{ €/kWh} = 1.315.200 \text{ €}$$

Planta de Cogeneración de 5 MWe con MACI para una fábrica de Conservas

Así, el ahorro bruto al año gracias al autoconsumo, una vez instalada la planta de cogeneración será de:

$$\text{AHORRO BRUTO} = 1.525.500 + 320.280 - 1.315.200 = 530.580 \text{ €}$$

Y teniendo en cuenta que las operaciones de mantenimiento supondrán unos 80.000 € al año, el ahorro neto quedará:

$$\text{AHORRO NETO} = 530.580 - 80.000 = 450.580 \text{ €}$$

Por lo tanto, sabiendo que la inversión es de 4'47 millones de euros y el ahorro neto al año de 0'45 millones de euros, el tiempo de retorno será de:

$$\text{TRS} = 4.470.676 / 450.580 = \mathbf{9'92 \text{ años}}$$

Es decir, la inversión necesaria para la realización del proyecto se recuperará en 9'92 años.