

ENADIMSA

EMPRESA NACIONAL ADARQ DE INVESTIGACIONES MINERAS, S.A.

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES

EN TORRAS HOSTENCH (GERONA)

ESTUDIO DE VIABILIDAD

REALIZADO POR

INITEC, EMPRESA NACIONAL DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA, S.A.

JUNIO - 1.981

50295

INDICE

1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.1.- INTRODUCCION

1.2.- OBJETIVO

1.3.- BASES DE DISEÑO

1.3.1.- Residuos de cortezas.

1.3.2.- Humos de hornos de materia seca.

1.3.3.- Fuel-oil.

1.3.4.- Carbón.

1.3.5.- Necesidades de vapor.

1.4.- CONCLUSIONES

2.- APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS DE MADERA

2.1.- INTRODUCCION

2.2.- PARQUE DE RESIDUOS

2.3.- TRANSPORTE DE RESIDUOS Y CARGA DE CALDERAS

2.4.- PRODUCCION DE VAPOR A PARTIR DE RESIDUOS.

2.5.- INSTALACIONES AUXILIARES

2.5.1.- Alimentación de agua al sistema de generación de vapor.

2.5.2.- Instalación de fuel-oil.

2.5.3.- Instalación de vapor.

2.6.- INVERSIONES Y RENTABILIDAD. FASE I.

3.- APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE GASES RESIDUALES

3.1.- INTRODUCCION

3.2.- HUMOS DISPONIBLES

3.3.- PRODUCCION DE VAPOR

3.3.1.- Condiciones básicas.

3.4.- CONDUCTOS DE HUMOS Y CHIMENEA

3.4.1.- Conductos de humos

3.4.2.- Chimenea

3.5.- INSTALACIONES AUXILIARES

3.5.1.- Alimentación de agua al sistema de generación de vapor.

3.5.2.- Instalación de fuel-oil.

3.5.3.- Instalación de vapor.

3.6.- INVERSIONES Y RENTABILIDAD. FASE II.

4.- EMPLEO DEL CARBON COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO DEL FUEL-OIL

4.1.- INTRODUCCION

4.2.- PARQUE DE CARBONES

4.3.- TRANSPORTE DE CARBONES

4.4.- CARGA DE CARBON EN SILOS DE CALDERA

4.5.- SISTEMA DE TRABAJO CON CARBON

4.6.- PRODUCCION DE VAPOR

4.7.- CHIMENEA

4.8.- INSTALACIONES AUXILIARES

4.8.1.- Alimentación de agua a calderas.

4.8.2.- Sistema de fuel-oil.

4.8.3.- Instalación de vapor.

4.9.- INVERSIONES Y RENTABILIDAD. FASE III.

5.- CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

5.1.- GENERADORES DE VAPOR

5.1.1.- Generadores de vapor acuotubulares.

5.1.2.- Generadores de vapor pirotubulares.

5.1.3.- Accesorios de calderas.

5.2.- EQUIPOS DE COMBUSTION

5.3.- REGULACION Y CONTROL

5.3.1.- Regulación de alimentación de agua.

5.3.2.- Regulación de la temperatura del vapor sobrecalentado.

5.3.3.- Regulación de la combustión.

5.3.4.- Indicación y registro.

5.4.- VENTILADORES

5.5.- ELECTROFILTROS

5.6.- RECIPIENTES A PRESION

5.7.- INTERCAMBIADORES DE CARCASA Y TUBOS

5.8.- BOMBAS CENTRIFUGAS

5.9.- BOMBAS ALTERNATIVAS

CAPITULO 1

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.1 INTRODUCCION

La empresa TORRAS HOSTENCH, S.A. se encuentra situada en Sarriá de Ter (Gerona) y está dedicada a la fabricación de celulosa y papel.

El estado actual de las instalaciones permite la realización de mejoras encaminadas a un aprovechamiento de recursos disponibles en forma de residuos, susceptibles de transformación en productos energéticos. Dichos recursos provienen de la preparación de la materia prima para fabricación y de humos producto de la combustión de materia seca.

Otra posibilidad a analizar es la sustitución de equipos existentes diseñados bajo presupuestos técnico-económicos superados, por otros cuyo consumo energético esté en función de las exigencias que impone la actual situación energética.

Se hace aconsejable por tanto acometer un estudio encaminado a una optimización energética global.

La EMPRESA NACIONAL ADARO DE INVESTIGACIONES MINERAS, S.A. ha encargado a la EMPRESA NACIONAL DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA, S.A. el "Estudio para Aprovechamiento Energético de Residuos Industriales en TORRAS HOSTENCH, S.A.". El estudio de viabilidad tiene tres partes, que se llamarán FASES I, II y III, claramente diferenciadas:

FASE I

Esta fase contempla el anteproyecto de las instalaciones a realizar a fin de conseguir ahorro energético a partir de los residuos sólidos disponibles.

FASE II

Ahorro energético a partir de gases residuales.

FASE III

Se contempla la posibilidad de utilizar carbón como combustible alternativo del fuel-oil y además la ampliación del sistema de autoproducción de energía eléctrica, reajustes de proceso y producción.

Lo descrito en la FASE I es lo que TORRAS HOSTENCH piensa acometer de forma inmediata. La FASE II se acometerá una vez terminada la FASE I.

En un plazo, aún no determinado, se acometerá la FASE III, siempre y cuando la evolución de las condiciones de suministro de carbón lo haga conveniente.

1.2 OBJETIVO

El presente estudio de viabilidad tiene por objeto establecer el ahorro energético que se puede alcanzar aprovechando razonablemente los residuos de madera y el calor de los humos de la combustión de materia seca. El estudio comprende:

- Definición de los equipos necesarios
- Instalaciones auxiliares
- Inversiones a realizar
- Rentabilidad

Como parámetro base de referencia se utilizan las T.E.P. ahorradas durante un año de operación continua.

No contempla el presente estudio las posibilidades de ahorros que pueden provenir de cambios en el proceso, consumos específicos en turbinas, mejoras en la autoproducción de energía eléctrica, optimización eléctrica, etc.

Además, y a título informativo, se exponen las instalaciones necesarias e inversiones previstas para la FASE III, en el caso de que se haga aconsejable la sustitución del fuel-oil por carbón.

1.3 BASES DE DISEÑO

1.3.1 Residuos de cortezas

El descortezado de los troncos que sirven de base para la fabricación da unos residuos de las siguientes características:

Potencia calorífica inferior	2.000 Kcal/Kg
Humedad	inferior al 45%
Producción actual	50 Tm/día
Producción normal de diseño	66 Tm/día
Producción punta	80 Tm/día
Granulometría	inferior 40 mm

El estudio de los recursos y el propio usuario han confirmado que la cantidad de residuos disponibles será 50 Tm/día y este valor es el considerado a lo largo de todo el estudio.

1.3.2 Humos de hornos de materia seca

En la planta existen unos hornos que queman licor negro subproducto de la fabricación de celulosa blanqueada al sulfato (Sistema Kraft) utilizando aproximadamente un 50% de pino y un 50% de eucalipto. Este licor negro es el resultado de una mezcla de materia seca en agua a una concentración del 55 ÷ 57%. La potencia calorífica inferior de esta materia seca es de 3.200 Kcal/Kg.

El análisis de humos secos, producto de la combustión del licor negro, ha presentado la siguiente composición en volumen:

Anhidrido carbónico (CO ₂)	7%
Oxido de carbono (CO)	1,2%
Oxígeno (O ₂)	12%
Hidrógeno (H ₂)	0,8%
Nitrógeno (N ₂)	79%
Polvo	5.000 mg/Nm ³

El contenido en polvo se distribuye en un 60% de carbonato sódico, un 30% de sulfato sódico y un 10% de otros.

La temperatura de salida de los humos de los hornos es de 950° C.

Los hornos donde se incinera la materia seca tienen la siguiente capacidad:

Horno 1 1,5 Tm/h.

Horno 2 1,5 Tm/h.

Horno 4 3 Tm/h.

La disponibilidad de materia seca a ser incinerada en estos hornos es de 37.800 Tm/año, valor que es el resultado de disponer como media de 4,5 Tm/h funcionando durante 24 h/día y 350 días/año.

El polvo separado de los humos, mezcla de carbonato sódico y sulfato sódico, tiene un valor residual de 30 pts/Kg.

1.3.3 Fuel-oil

Las características del fuel-oil disponible se ajustan al fuel-oil pesado CAMPSA nº 2.

Características	Unidades de medida	Límites de especificación	
		Mínimo	Máximo
a. Color negro	-	-	-
b. Viscosidad 50°C	ºE	-	50
c. Azufre	% peso	-	3,6
d. Punto de inflamación	ºC	70	-
e. Agua y sedimento	% vol.	-	1,75
f. Agua	% vol.	-	1,5
g. Potencia calorífica			
- Superior	Kcal/Kg.	10.000	-
- Inferior	Kcal/Kg.	9.500	-

1.3.4 Carbón

Se desconocen con exactitud las características del carbón que se puede utilizar como combustible. A falta de características más concretas se ha elegido un tipo medio y que sirve para base en este estudio:

Volátiles	25%
Carbono fijo	52%
Cenizas	13%
Humedad	10%.

Análisis elemental:

Carbono	64,9%
Hidrógeno	4%
Azufre	1%
Nitrógeno	1,2%
Oxígeno	1,9%
Humedad	10%
Cenizas	13%
P.C.S.	6.384 Kcal/Kg
P.C.I.	6.148 Kcal/Kg

1.3.5 Necesidades de vapor

Las necesidades de vapor así como las condiciones de suministro han sido fijadas por el usuario atendiendo a las propias necesidades de fabricación y de autoproducción de energía eléctrica.

En la planta existen tres líneas de vapor bien diferenciadas:

Alta presión: 40 Kg/cm², 420° C, 62 T vapor/h.

Media presión: 12 Kg/cm², vapor saturado, 20 T vapor/h.

Baja presión: 3,5 Kg/cm², vapor saturado, 64 T vapor/h.

Las características de las calderas existentes en las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

ALTA PRESION

. Caldera de recuperación STEIN

Producción de vapor 32 T/h.

Combustible leñas negras

. Caldera STEIN

Producción de vapor 15 T/h.

Rendimiento térmico 80%

Consumo de fuel-oil 1.255 Kg/h.

. Caldera LARDET

Producción de vapor	15 T/h.
Rendimiento térmico	70%
Consumo de fuel-oil	1.274 Kg/h.

MEDIA PRESION

. Caldera de recuperación LARDET

Producción de vapor	7 T/h.
Rendimiento térmico	61%
Consumo de materia seca	2 T/h.

. Caldera BABCOCK & WILCOX

Producción de vapor	7,5 T/h.
Rendimiento térmico	85%
Consumo de fuel-oil	522 Kg/h.

. Caldera CHENANGO

Producción de vapor	7,5 T/h.
Rendimiento térmico	82%
Consumo de fuel-oil	541 Kg/h.

CONDICIONES ACTUALES

Las cantidades de vapor necesarias para la planta quedan reflejadas en el Esquema nº1 Red de Vapor Actual.

FASE I

En esta fase se sustituye una de las calderas de vapor a media presión existente alimentada con fuel-oil por un nuevo sistema de producción de vapor alimentado con residuos de cortezas, tal como muestra el Esquema nº 2, Red de vapor, Fase I.

El nuevo sistema de producción de vapor, en las condiciones de funcionamiento normal, tendría las siguientes características:

Producción de vapor	7,5 T/h.
Rendimiento térmico	85%
Consumo de residuos	2.083 Kg/h (50 T/día)
Consumo de fuel-oil	82 Kg/h.

FASE II

Se trata de recuperar el calor de los humos procedentes de los hornos de materia seca nº 1, 2 y 4, produciendo vapor a alta presión y recalentado. Se desmontará la caldera de recuperación LARDET existente que produce 7 T vapor/h. a media presión. Además, también una de las calderas que produce 15 T vapor/h. a alta presión será eliminada. Los humos procedentes de los tres hornos existentes son enfriados en la nueva caldera y son depurados hasta los niveles admitidos por la legislación vigente, con la consiguiente recuperación de polvo útil para la fabricación.

El Esquema nº 3, Red de vapor, Fase II, plantea la nueva alternativa de producción de vapor.

Las calderas en esta fase quedarían funcionando en las siguientes condiciones:

ALTA PRESION

. Caldera de recuperación STEIN

Producción de vapor	32 T/h.
Combustible	leñas negras

. Caldera de recuperación (Humos de hornos 1, 2 y 4)

Producción de vapor	20 T/h.
Rendimiento térmico	81%
Consumo de materia seca	4.500 Kg/h.
Consumo de fuel-oil	230 Kg/h.

. Caldera STEIN (RESERVA)

Producción de vapor	20 T/h.
Rendimiento térmico	80%
Consumo de fuel-oil	1.673 Kg/h.

MEDIA PRESION

. Caldera BABCOCK & WILCOX

Producción de vapor	12,5 T/h.
Rendimiento térmico	85%
Consumo de fuel-oil	873 Kg/h.

. Caldera CHENANGO

Producción de vapor 12 T/h.
Rendimiento térmico 82%
Consumo de fuel-oil 868 Kg/h.

. Caldera de recuperación

Producción de vapor 7,5 T/h.
Rendimiento térmico 85%
Consumo de residuos 2083 Kg/h (50 T/día)
Consumo de fuel-oil 82 Kg/h.

FASE III

El usuario aún tiene en estudio preliminar las condiciones que fijarían las características de un nuevo sistema de producción de vapor y de autoproducción de energía eléctrica.

En principio se considera que sería necesario instalar un nuevo generador de vapor de las siguientes características:

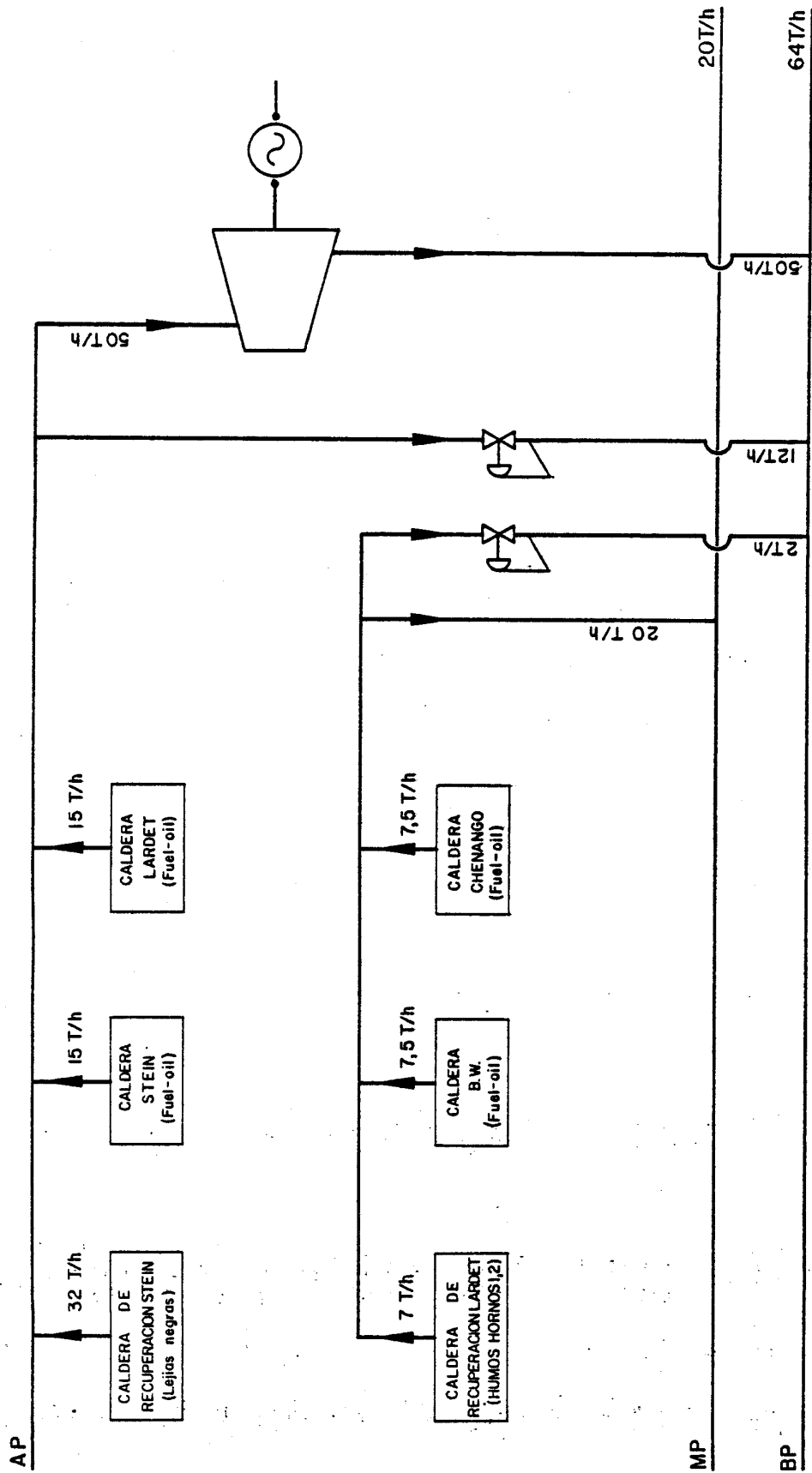
Producción máxima continua	60 T/h.
Presión salida vapor	65 Kg/cm ²
Temperatura vapor recalentado	520° C
Combustibles	Fuel-oil y/o carbón.

En la tabla siguiente se muestran los consumos de fuel-oil obtenidos para las condiciones actuales y para las FASES I y II.

CALDERA	Combustibles	<u>ACTUAL</u>			<u>FASE I</u>			<u>FASE II</u>		
		P. vapor T/h	C. Fuel-oil Kg/h	P. vapor T/h	C. Fuel-oil Kg/h	P. vapor T/h	C. Fuel-oil Kg/h	P. vapor T/h	C. Fuel-oil Kg/h	
STEIN	Lejías negras	32	—	32	—	32	—	—	—	
STEIN	Fuel-oil	15	1255	15	1255	—	RESERVA	—	—	
LARDET	Fuel-oil	15	1274	15	1274	—	DESMONTADA	—	—	
LARDET	Humos hornos 1, 2	7	—	7	—	—	DESMONTADA	—	—	
BABCOCK W.	Fuel-oil	7,5	522	7,5	522	12,5	—	873	—	
CHENANGO	Fuel-oil	7,5	541	—	RESERVA	12	—	868	—	
RECUPERACION (Nueva)	Residuos Fuel-oil	—	—	7,5	82	7,5	—	82	—	
RECUPERACION (Nueva)	Humos hornos 1, 2, 4 Fuel-oil	—	—	—	—	20	—	230	—	
		84	3592	84	3133	84	—	2053	—	

FASE I - AHORRO FUEL-OIL RESPECTO A LAS CONDICIONES ACTUALES : 459 Kg/h.

FASE II - AHORRO FUEL-OIL RESPECTO A FASE I : 1080 Kg/h.

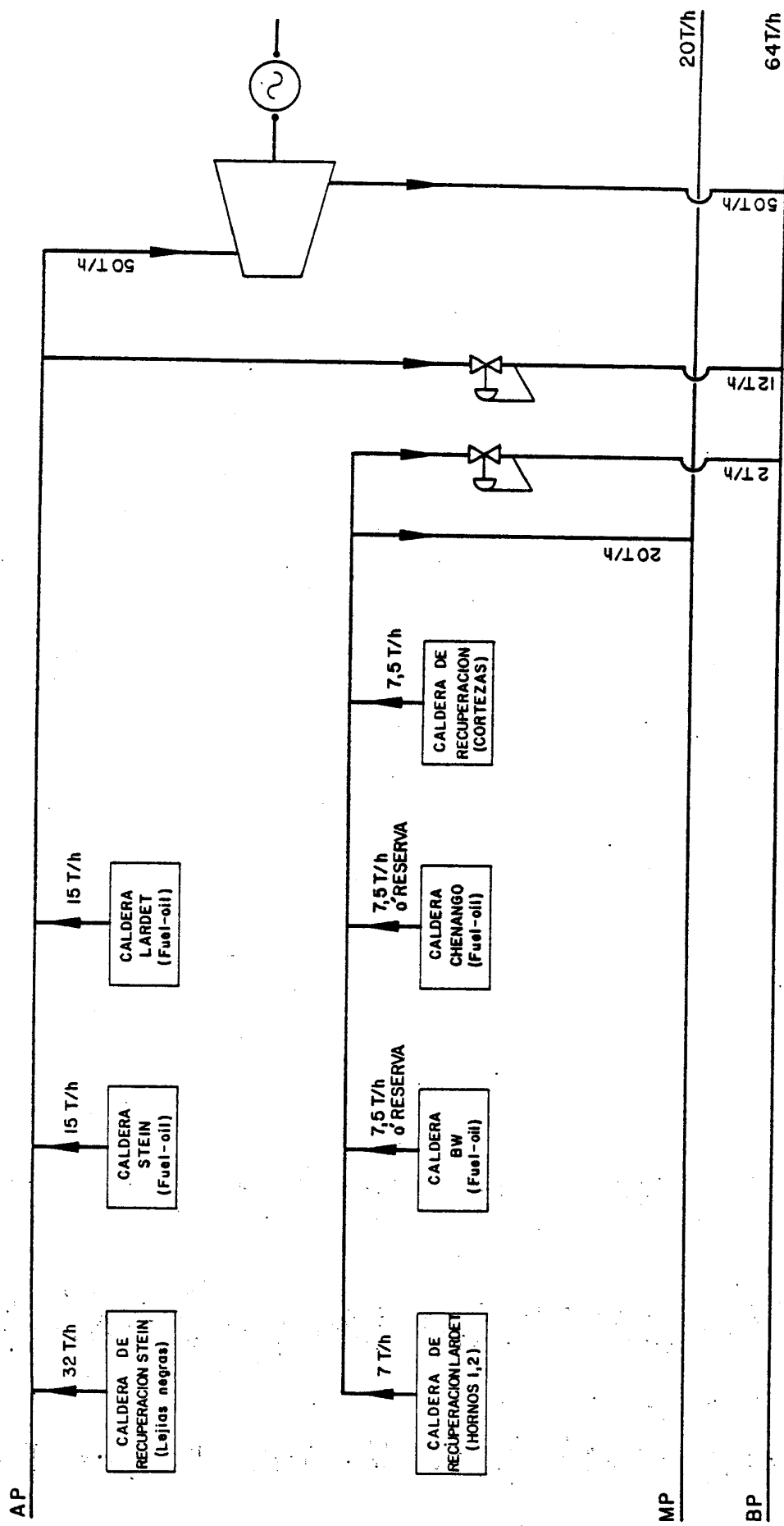


ENADIMSA

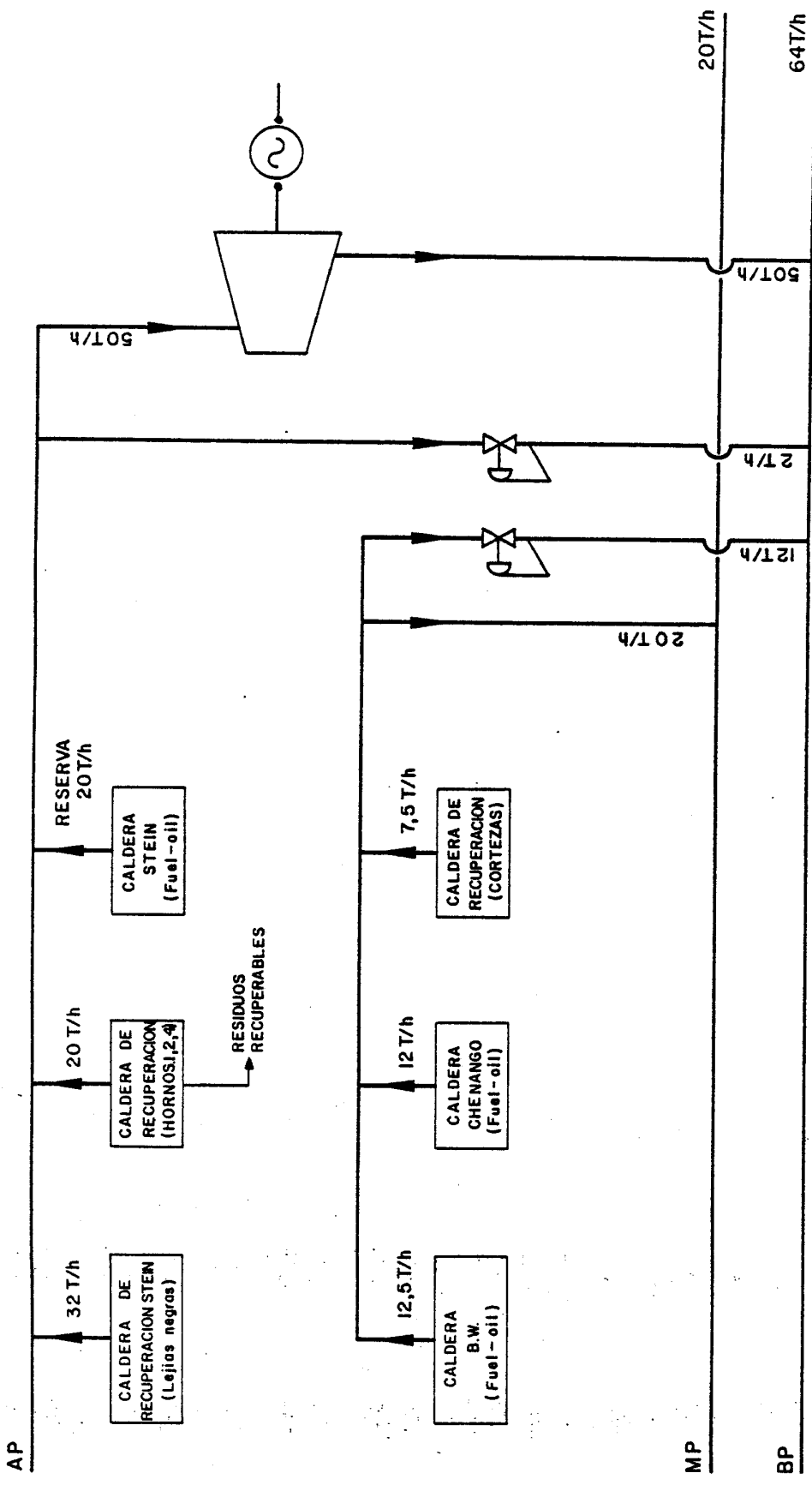
APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES

TORRAS HOSTENCH S.A. (GERONA)

ESQUEMA Nº 1, RED DE VAPOR ACTUAL



ENADIMSA
 APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES
 TORRAS HOSTENCH S.A. (GERONA)
 ESQUEMA Nº2, RED DE VAPOR. FASE I



ENADIMSA

APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES

TORRAS HOSTENCH S.A. (GERONA)

ESQUEMA Nº 3. RED DE VAPOR, FASE II

1.4 CONCLUSIONES

FASE I

En el Capítulo 2 se describen las condiciones que - definen el posible aprovechamiento energético a par- tir de residuos procedentes del descortezado de tron- cos.

El estudio económico se ha basado en el análisis de aquellos equipos existentes en el mercado, en particu- lar generadores de vapor, que cumplen con las condi- ciones indispensables para conseguir los objetivos - planteados.

Los resultados esperados, atendiendo a balances ener- géticos, nos llevan a la conclusión de que es posi- ble ahorrar, en las condiciones normales de operación actuales, de 459 Kg/h, ó bien, 3672 Tm/año, supuestas 8.000 h/año de trabajo.

Según el Apartado 2.6. Inversiones y Rentabilidad, - Fase I, llegamos a las interesantes conclusiones de - que la Rentabilidad de la Inversión del 93,5 % y de un Tiempo de Recuperación de la Inversión de 11,6 me- ses.

Todo lo anterior lleva a la conclusión de que se de- bería acometer el proyecto de detalle y su ejecución inmediatamente.

Por otro lado la instalación de los equipos no crean problemas de espacio, dado que son de tamaños reducidos.

FASE II

En el Capítulo 3 se expone el conjunto de instalaciones que hacen viable el aprovechamiento del calor disponible de los humos producto de la combustión de materia seca diluida en agua de los Hornos nº 1, 2 y 4.

Del estudio realizado se desprende que es posible - aumentar el rendimiento térmico en el aprovechamiento de calor existente, llevando consigo un ahorro en combustible fuel-oil de 1080 Kg/h, ó bien, 8.640 Tm/año, supuestas 8.000 h/año de trabajo y referido al balance energético obtenido para la Fase I.

Según el apartado el Apartado 3.6 Inversiones y Rentabilidad, Fase II, llegamos a las conclusiones de que la Rentabilidad de la inversión es del 35,5 % y el tiempo de recuperación de la inversión es 26,3 meses.

Los resultados anteriores hacen aconsejable la realización del proyecto.

Al final del presente apartado se expone la Tabla nº 1 en la que se muestra la evaluación económica conjunta de las Fases I y II.

FASE III

La realización del proyecto descrito para esta fase no comporta ahorro energético alguno procedente del aprovechamiento de residuos.

En el Capítulo 4 se da información aproximada de — las instalaciones previstas para la utilización del carbón como combustible alternativo del fuel-oil. Se analizan las inversiones previstas y la rentabilidad partiendo de la comparación entre una instalación — que utilice carbón como combustible principal en una caldera mixta, con otra que sólo sea alimentada con fuel-oil.

Un detenido estudio del Apartado 4.9 nos da la información necesaria para detectar la gran influencia — que van a tener a la hora de tomar una decisión, el precio del carbón y el régimen de utilización, al — margen, claro está, de las diferencias entre inversiones.

Con los precios actuales del carbón considerado, — 9.500 pts/Tm, un régimen de utilización del 80 % y — trabajando 8.000 h/año, y según el estudio económico expuesto, se obtiene una Rentabilidad Marginal del — 2,36 % que no cubre siquiera las posibles cargas financieras (no consideradas en el estudio). Por ello en las anteriores condiciones no resulta viable acometer el proyecto y, en todo caso, instalar un genera-

dor de vapor convencional alimentado con fuel-oil.

Dado que no ha sido objeto del presente estudio de -
viabilidad el reajustar el balance energético necesa
rio para esta planta atendiendo a modificaciones en
la producción, autoproducción de energía eléctrica,
etc., resulta difícil llegar a conclusiones más clar
as para el nivel que se le ha requerido.

La Tabla 4.4., Precios del Carbón en función de la -
Rentabilidad Marginal y Régimen de utilización, dá -
los precios máximos a que se debería contratar el --
carbón (incluido transporte) en función de las varial
bles expuestas.

A la hora de tomar decisiones se debe tener en cuent
a que como mínimo la Rentabilidad Marginal debe cub
rir las cargas financieras. Con una cierta lógica -
se pretenderá obtener un beneficio adicional a la inv
ersión. Por todo ello no se debe acometer el proyect
o a no ser que el precio contratado del carbón dé,
como Rentabilidad Marginal, un mínimo del 25 %.

La instalación de los equipos necesarios para la Fas
e III en su variante carbón van a crear serias dific
ultades en cuanto a espacio disponible.

T A B L A 1

FASE I + FASE II

EVALUACION ECONOMICA

Inversión total

$$55.218 \times 10^3 + 296.800 \times 10^3 \qquad 352.018 \times 10^3 \text{ Pts.}$$

Ahorro en fuel-oil

$$3.672 + 8.640 \qquad 12.312 \text{ Tm/año}$$

Valor del fuel-oil ahorrado

$$67.932 \times 10^3 + 159.840 \times 10^3 \qquad 227.772 \times 10^3 \text{ Pts/año}$$

Beneficio adicional

$$51.621 \times 10^3 + 105.468 \times 10^3 \qquad 157.089 \times 10^3 \text{ Pts/año}$$

Rentabilidad de la inversión

$$100 \times \frac{157.083}{352.081} \qquad 44,6 \%$$

Tiempo de recuperación de la inversión

$$12 \times \frac{352.018}{157.089 + 5.522 + 29.680} \qquad 22 \text{ meses}$$

Basés. Capítulos 3.6 y 2.6

C A P I T U L O 2

APROVECHAMIENTO ENERGETICO A

PARTIR DE RESIDUOS DE MADERA

F A S E I

2. APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS DE
MADERA

2.1 INTRODUCCION

Los residuos sólidos a quemar en caldera proceden del descortezado de troncos. El proceso de descortezado se lleva a cabo en un sistema de tambores y las cortezas resultantes son evacuadas del sistema mediante una cinta transportadora.

Las cortezas son almacenadas a la intemperie y son transportadas hasta la fábrica mediante camión. La distancia estimada entre la fábrica y el parque de cortezas es de un kilómetro.

Los residuos alimentarán un sistema de producción de vapor saturado a la presión de 12 Kg/cm^2 . El sistema de producción de vapor estará provisto de los equipos auxiliares de preparación de combustible y limpieza de humos.

En la actualidad los residuos disponibles no son utilizados y su eliminación se realiza llevándolos a unos vertederos.

Los gastos ocasionados por el transporte de los residuos desde el parque al nuevo sistema de aprovechamiento son inferiores a los ocasionados por el transporte hasta los vertederos, por lo que se considerarán el valor de los residuos y su manipulación nulos.

2.2 PARQUE DE RESIDUOS

El actual parque de residuos tiene una capacidad estimada de 40 Tm., que resulta relativamente pequeña para las necesidades de un correcto aprovisionamiento de combustible para el sistema de producción de vapor. Esta dimensión es la estrictamente necesaria para alimentar el sistema de producción de vapor, pero ante una eventual parada de éste ya sea por mantenimiento o por avería, obligaría a la eliminación de los residuos por el método actual llevándolos a un vertedero.

Según el planteamiento actual de los parques de almacenamiento de troncos, cortezas y astillas, no es posible aumentar las dimensiones del parque de cortezas. Aun así, si en un futuro fuese posible, se debería plantear un nuevo parque encaminado a permitir un almacenamiento de 900 m^3 equivalentes a 153 Tm.

Se puede conseguir el nuevo parque con las siguientes condiciones:

La cinta actual verterá sobre otra cinta direccional, la cual permitirá formar un montón de 6 mts. de altura. Suponiendo un ángulo de talud natural de 45° , el ancho del montón será de 12 mts.

Con esta anchura, la longitud necesaria del montón para almacenar la cantidad de cortezas propuestas será de 31 mts.

Así pues, será necesario disponer de un área de almacenamiento de aproximadamente 37 x 15 mts.

Los equipos necesarios para esta eventual solución serían:

- Tolva de descarga
- Cinta direccional de 16.500 mm de longitud, 600 mm de anchura y ángulo de inclinación 20°.

En el caso de que el usuario elija una caldera de vapor cuya alimentación de combustible sea por transporte neumático, se debe asegurar que los tamaños de partículas no superen a los predeterminados, por lo que eventualmente sería necesario un sistema de trituración para los gruesos de los residuos. En el presente estudio y a la vista de los datos básicos no se ha considerado necesaria la instalación de este equipo.

2.3 TRANSPORTE DE RESIDUOS Y CARGA DE CALDERAS

El transporte desde el parque de residuos hasta el área de calderas se realiza en camiones volquetes de 20 m³ de capacidad y la carga se realizará mediante pala cargadora.

Para el consumo normal de 50 T/día en la generación de vapor será necesario realizar 20 viajes de camión por día, distanciados 1,2 horas entre sí.

Se dispone de los medios necesarios para carga, transporte y descarga de los residuos.

El volquete cargado de cortezas, transportará éstas desde el parque de almacenamiento al área de calderas, y descargará en una tolva metálica semienterrada, con unas dimensiones en planta de 5 x 3 m y 2,5 m de altura, lo que representa un volumen de 35 m³ y un peso de cortezas aproximado de 6 Tm.

Con el consumo horario del sistema de generación de vapor la tolva de descarga tiene una autonomía de poco más de dos horas.

La tolva de descarga se encuentra situada junto al área del sistema de producción de vapor.

En la parte inferior de la tolva de descarga se encuentra un extractor consistente en un transportador de cadenas, inclinado 17° con la horizontal y 6 m de longitud, accionado por motor eléctrico y con una capacidad de extracción de 5 Tm/h. El extractor descarga los residuos sobre otra transportadora de cadenas que los eleva y descarga en la tolva de alimentación a generadores de vapor.

La tolva de alimentación a calderas dispondrá de controles de nivel máximo y mínimo, que pararán y accionarán el sistema de transporte.

La tolva de alimentación a caldera tiene una capacidad de 4 m^3 , equivalente a un almacenaje de 680 Kg. y una autonomía de 20 minutos.

La alimentación a calderas se realiza mediante un extractor alveolar encargado de alimentar directamente bien al hogar de la caldera, bien al sistema neumático de lanzamiento, decisión que depende del tipo de equipos elegidos.

2.4 PRODUCCION DE VAPOR A PARTIR DE RESIDUOS

Las condiciones que definen el sistema de producción de vapor son las siguientes:

Producción de vapor normal	7.500 Kg/h.
Producción de vapor máxima continua	11.000 Kg/h.
Tipo de vapor	Saturado
Presión de trabajo	15 Kg/cm ²
Combustible	Residuos de madera
P.C.I.	2.000 Kcal/Kg
Temperatura agua alimentación	100° C
Rendimiento térmico	85%

La caldera (o calderas) dispondrá de un equipo de combustión a fuel-oil, tipo CAMPSA Nº 2 (P.C.I. 9.500 Kcal/Kg) que podrá ser utilizado en los arranques, en combustión mixta fuel-oil/cortezas, y capaz de cubrir el 50% de la producción de vapor.

TIPOS DE CALDERAS

El caso de que el hogar sea del tipo seco o refrigerado con paredes de tubos tipo membrana se admite una sola caldera para el servicio requerido.

Si el hogar es el tubo hogar refrigerado de una caldera pirotubular, se requiere que sean dos equipos idénticos y completos capaces de cubrir las condiciones de diseño.

El alcance del suministro se refiere pues a:

- Caldera (o calderas) de vapor propiamente dichas con todos sus accesorios.
- Obra de refractario y equipo de combustión de residuos.
- Sistema de alimentación de residuos desde un tol-
vín anexo.
- Conductos de aire y humos.
- Soplantes.
- Equipo de combustión a fuel-oil.
- Sistema de alimentación de agua (dos bombas).
- Calorifugado.
- Sistema de depuración de humos y extracción de ce-
nizas.
- Chimenea (altura aproximada 30 m.).

En el diseño de los equipos de limpieza de humos y chimenea se debe tener presente la legislación vigente y la clasificación del área dada por los organismos oficiales como "zona muy industrializada".

2.5 INSTALACIONES AUXILIARES

Los servicios existentes admiten la interconexión de los nuevos equipos previstos para la FASE I del proyecto.

2.5.1 Alimentación de agua al sistema de generación de vapor

La instalación de tratamiento y alimentación de agua a calderas existente admite la interconexión necesaria para producir 7,5 T vapor/h en régimen normal y 11 T/h en el futuro. Asimismo permite la interconexión a la línea de dosificación de reactivos.

No resulta por tanto necesario prever nuevo depósito de alimentación de agua y sistema de dosificación de reactivos.

2.5.2 Instalación de fuel-oil

A partir del depósito nodriza existente se puede alimentar a los nuevos equipos de combustión.

Dado el caudal de fuel-oil a quemar y la distancia desde el depósito nodriza a caldera es conveniente establecer un anillo de tuberías así como un sistema de bombeo. Es necesario por tanto prever un sistema de bombeo compuesto de dos grupos moto-bomba, uno en funcionamiento y otro en reserva, capaces de dar un caudal de 1.200 Kg/h y presión de trabajo 2 Kg/cm².

El sistema se completará con filtros autolimpiantes, válvulas de interrupción y retención, tuberías, traseado y calorifugado, manómetros y termómetros, y opcionalmente un sistema de contadores.

Forman parte del suministro de calderas los calentadores de fuel-oil.

2.5.3 Instalación de vapor

Para la interconexión de vapor desde el nuevo sistema de generación de vapor al colector general de vapor a media presión, se necesita el montaje de un sistema de tuberías de 6" de una longitud de 110 m. con sus correspondientes accesorios, soportes y calorifugado.

2.6 INVERSIONES Y RENTABILIDAD. FASE I

TABLA 2-1

FASE I

BASES PARA LA EVALUACION ECONOMICA

- . Referencia Junio 1981.
- . Se considera que la FASE I no aporta ningún incremento en el consumo de materias primas y servicios respecto a la situación actual.
- . 8000 horas/año de funcionamiento a régimen normal.
- . Gastos de mantenimiento anuales estimados en un 5% de la inversión.
- . La plantilla se incrementa en cuatro personas a un coste unitario total de 1,8 MM PTA/Hombre-año.
- . Los seguros y tasas representan el 1,5% de la inversión.
- . Precio fuel-oil : 18.500 PTA/Tm.
- . Amortización lineal en 10 años.
- . No hay gastos financieros.
- . No se consideran repercusiones de tipo fiscal.

TABLA 2-2

RESUMEN DE INVERSIONES PARA LA FASE I

. Precios referidos a Junio 1981.

	Inversiones x 10 ³ pts.
<u>Tratamiento de residuos en Parque de cortezas</u>	
Una cinta transportadora y accionamiento	320
Un tolvin	110
Subtotal	<u>430</u>
 <u>Tratamiento de residuos en área de Calderas</u>	
Una tolva de descarga de camiones con transportador de calderas y accionamiento	1.110
Un transportador de cadenas entre tolvas y -- accionamiento	326
Una tolva de 4 m ³	126
Obra civil	300
Subtotal	<u>1.862</u>
 <u>Instalación de producción de vapor y auxiliares</u>	
Caldera	32.400
Depuración de humos	5.500
Chimenea	2.300
Instalaciones auxiliares	
tuberías	1.400
Electricidad	320
Instrumentación	280
Obra civil	4.810
Subtotal	<u>47.010</u>
 <u>Varios</u>	
Ingeniería, dirección de obra, repuestos, etc.	<u>5.916</u>
TOTAL INVERSIONES	<u><u>55.218</u></u>

TABLA 2-3

FASE I

COSTES ANUALES DE PRODUCCION ADICIONALES

RESPECTO A LA SITUACION ACTUAL

	10 ³ pts.
Gastos de mantenimiento	2.761
Gastos de personal	7.200
Seguros y tasas	828
Amortización	<u>5.522</u>
TOTAL COSTES FASE I	<u><u>16.311</u></u>

TABLA 2-4

FASE I

EVALUACION ECONOMICA

Ahorro en fuel-oil

0,459 Tm/hr x 8000 hr/año

3672 Tm/año

Valor del fuel-oil ahorrado

3672 Tm/año x 18500 pta/Tm

67932 x 10³ Pta/año

Beneficio adicional

67932 x 10³ - 16311 x 10³

51621 x 10³ Pta/año

Rentabilidad de la inversión

(51621 / 55218) x 100

93,5 %

Tiempo de recuperación de la inversión

12 x (55218) / (51621 + 5522)

11,6 meses

CAPITULO 3

APROVECHAMIENTO ENERGETICO A

PARTIR DE GASES RESIDUALES

FASE II

3. APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE GASES RESIDUALES

3.1 INTRODUCCION

En la actualidad existen tres hornos en los que se quema "licor negro" y que se identifican con los números 1, 2 y 4.

Los humos procedentes de los hornos nº 1 y 2 son enfriados en una caldera de recuperación, marca LARDET.

Los humos procedentes del horno nº 3 son evacuados directamente a la atmósfera.

No existen dispositivos para limpieza de humos.

En la Fase II se pretende el desmontar la caldera de recuperación existente, unir las corrientes de humos procedentes de los tres hornos y recuperar el calor en una caldera nueva de recuperación.

En el presente capítulo se describen las condiciones de proceso que definen los equipos necesarios para la producción de vapor, depuración de humos, conductos de humos y chimenea, instalaciones auxiliares, así como las estimaciones de precios, gastos de operación, etc.

3.2 HUMOS DISPONIBLES

El "licor negro" es un subproducto de la fabricación de celulosa blanqueada al sulfato (Sistema Kraft) y es una disolución de una materia seca en agua de las siguientes características:

Materia seca

Composición centesimal	%
Hidrógeno	3,36
Carbono	40,82
Azufre	1,65
Sodio	20,25
Oxígeno	33,92

Potencia calorífica inferior: 3.200 Kcal/Kg.

La combustión del licor negro produce unos humos, cuya composición, referida a humos secos, es de:

Humos secos

Componente	% Volumen	% Peso
CO ₂	7	10,479
CO	1,2	1,143
O ₂	12	13,065
H ₂	0,8	0,054
N ₂	79	75,259

Peso molecular: 29,392

Contenido en sólidos: 5.000 mg/Nm³
60% CO₃ Na₂
30% SO₄ Na₂
10% Varios.

El licor negro es una disolución en agua de materia seca tal que el 45% es agua y el 55% materia seca.

La combustión del "licor negro" dará pues la siguiente composición de humos húmedos:

Humos húmedos

Componente	% Peso
CO ₂	9,783
CO	1,067
O ₂	12,197
H ₂	0,0504
N ₂	70,260
H ₂ O	6,642

Peso molecular: 28,208

Contenido en sólidos: 4.480 mg/Nm³
60% CO₃ Na₂
30% SO₄ Na₂
10% Varios.

Las entalpias de los humos obtenidos a diferentes temperaturas son las siguientes:

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Entalpia (Referido a 15° C)</u> <u>Kcal/Kg</u>
950	257,88
900	243,81
850	229,75
800	215,68
750	201,61
700	187,54
650	173,47
600	159,40
550	145,34
500	131,27
450	117,20
400	103,13
350	89,06
300	74,99
250	60,93
200	46,86

Los tres hornos están diseñados para quemar las siguientes cantidades:

<u>Horno</u>	<u>Kg/h.</u>
nº 1	1.500
nº 2	1.500
nº 4	3.000

3.3 PRODUCCION DE VAPOR

3.3.1 Condiciones básicas

Se requiere que en todas las posibles marchas de funcionamiento el generador de vapor produzca 20 T vapor/h., a la presión de 40 Kg/cm² y 420° C de temperatura.

A. CONDICIONES DE PROCESO

Producción de vapor máxima continua	20 T/h.
Presión salida de vapor	40 Kg/cm ²
Temperatura salida de vapor	420° C
Temperatura agua alimentación	105° C
Combustible principal	Licor negro
Combustible auxiliar	Fuel-oil nº 2
P.C.I.	9.500 Kcal/Kg
Rendimiento térmico mínimo referido a licor negro	73%
Pureza del vapor	Servicio en turbinas
pH	➤ 7,5
Si O ₂	≤ 0,03 mg/Kg
Fe	≤ 0,05 mg/Kg
Conductividad	≤ 0,5 μS/cm

La producción máxima continua de 20 T/h. se deberá conseguir para todas las diferentes marchas de operación siguientes:

Materia seca incinerada Kg/h.	Caudal de humos Kg/h.	Entalpia disponible $10^6 \times \text{Kcal/h}$	Temp. humos $^{\circ}\text{C}$
6.000 (Diseño)	73.909	18,85	940
4.500 (Normal)	57.180	14,58	940
3.000	33.450	8,53	940
1.500	16.730	4,27	940

La marcha de operación normal es cuando se incinera 4.500 Kg/h de materia seca.

Las garantías se deberán referir a las operaciones de diseño y normal.

Los humos a la salida de caldera serán depurados en un filtro electrostático a fin de garantizar un contenido de polvo que no exceda de 150 mg/Nm^3 , sea cual fuere la situación de trabajo, y partiendo de la base que contienen 4.480 mg/Nm^3 de polvo (60% $\text{CO}_3 \text{ Na}_2$, 30% $\text{SO}_4 \text{ Na}_2$, 10% varios).

Finalmente, la soplante de evacuación de humos será diseñada de forma que pueda evacuar el total de los humos venciendo la pérdida de carga del sistema, mayorada en 15 mm. c.a.

B. ALCANCE DEL SUMINISTRO

- 1) - Generador de vapor propiamente dicho.
 - Economizador.
 - Equipo de combustión a F.O.

- Dos bombas de alimentación de agua.
- Sopladores de hollín (Forest o similar).
- Escaleras, pasarelas y barandillas.
- Materiales refractarios y aislantes.
- Conductos de aire y humos propios de caldera y electrofiltro.
- Regulación y control.
 - . Temperatura vapor recalentado.
 - . Combustión.
 - . Alimentación de agua.
- Análisis.
 - . Opacidad de humos.
- Panel de mandos.

- 2) - Electrofiltro completo.
- Armario de control alta y baja tensión.
 - Tolvas.
 - Válvulas de descarga.
 - Aislamiento térmico.
 - Sistema de limpieza de placas.
 - Equipamiento eléctrico completo.

- 3) - Soplante de humos.
- Motor de accionamiento.
 - Válvula de regulación y servomotor.

Las condiciones de composición, temperatura y contenido de sólidos presentes en los humos que salen de los hornos nº 1, 2 y 4 hacen recomendable hacer un somero estudio básico de las características más aconsejables que deben tener los conductos de humos desde dichos hornos a la caldera de recuperación (FASE II).

Asimismo, y dado que el área de ubicación de la planta ha sido calificada como Zona muy Industrializada a efectos de contaminación atmosférica, también se realiza el dimensionado de chimenea de acuerdo con las exigencias de la legislación vigente y teniendo en cuenta que la producción de vapor de 20 T/h. se debe conseguir en todos los casos de marcha de los hornos 1, 2 y 4, aportándose, cuando sea necesario, calor procedente de la combustión de fuel-oil.

3.4.1 Conductos de humos

El Esquema nº 4 muestra la disposición de los hornos nº 1, 2 y 4, así como la futura caldera de recuperación.

La siguiente tabla informa de las condiciones básicas que han servido de base para el dimensionamiento de los conductos.

Conducto nº	Caudal humos Kg/h	Temperatura °C	Velocidad m/seg	Sección Útil m ²	Longitud m.
1	16.730	950	13	1,272	5
2	33.460	950	13	2,544	12
2	16.730	950	6,5	2,544	
3	40.450	950	13	3,075	4
4	73.910	950	13	5,618	6
4	40.450	950	7,11	5,618	
4	33.460	950	5,89	5,618	
4	57.200	950	10,06	5,618	
4	16.730	950	2,94	5,618	

Se han analizado las dos posibilidades de solución en cuanto a conductos enterrados o aéreos. Vistos los condicionamientos de costes de instalación, accesibilidad y localización en caso de futuras reparaciones, se considera más conveniente el montaje aéreo.

El sistema de refractario estará compuesto de dos revestimientos en función de la alta temperatura a soportar (950° C) y a la abrasión. La segunda capa actuará como refractario-aislante, consiguiendo una temperatura exterior de 150° C.

El espesor total del revestimiento es de 150 mm., a base de 75 mm de material tipo SIRMACAST A-45, y 75 mm de material 1-2-4 según U.O.P. (Universal Oil Products).

El casing de protección será de chapa de acero al carbono de 5 mm de espesor.

Las salidas de cada horno dispondrán de guillotinas apropiadas.

Para las diferentes marchas de operación se obtiene:

Materia seca quemada Kg/h	Caudal humos Kg/h	Entalpia disponible $10^6 \times \text{Kcal/h}$	T. humos °C
6.000	73.909	18,85	940
4.500	57.180	14,58	940
3.000	33.450	8,53	940
1.500	16.730	4,27	940

La operación normal de incineración de materia seca es de 4.000 a 4.500 Kg/h. En el estudio se ha considerado este último valor.

SIRMACAST - 45

Hormigón resistente a la abrasión.

Temperatura máxima de empleo 1.350° C.+
Densidad 2.000/2.100 Kg/m³

Módulo de rotura

Fraguado y seco 120 Kg/cm²
a 1.100° C 65 "
a 1.300° C 100 "

Resistencia a la compresión en frío 400 Kg/cm²

Variación permanente de

dimensiones a 1.300° C -0,5%

COMPOSICION QUIMICA

Al₂O₃ 38,2%
Ti O₂ 0,9%
Si O₂ 46,3%
Fe₂O₃ 4,9%
CaO + MgO 8,5%
Alcalis 1,2%

Conductividad térmica Kcal/m.h. °C a 1.200° C 0,65.

MEZCLA 1-2-4

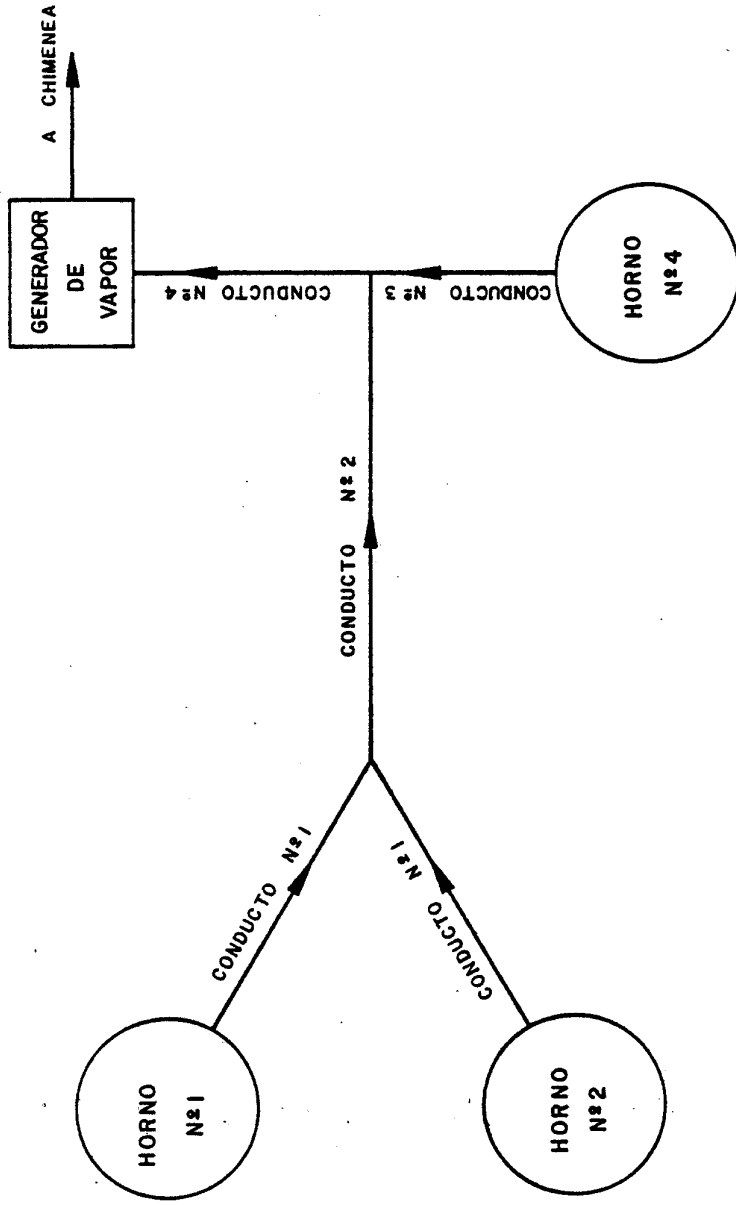
=====

(U.O.P. 294)

- Temperatura máxima de empleo 1.100° C
- Resistencia a la compresión en frío después
de cocido a 815° C durante 5 horas 21 Kg/cm²
- Densidad aparente después de secado a 110° C
durante 24 horas 920 Kg/m³
- Conductividad térmica a 100° C 0,203 Kcal/mh° C
- a 200° C 0,212 "
- a 300° C 0,222 "
- a 400° C 0,231 "
- a 500° C 0,240 "
- a 600° C 0,249 "
- a 700° C 0,259 "
- a 800° C 0,268 "
- a 900° C 0,277 "
- a 1.000° C 0,282 "
- Contracción lineal permanente después de
cocido a 815° C durante 5 horas 0,22%

ANALISIS QUIMICO

Si O ₂	2,55%
Al ₂ O ₃	32,23%
Fe ₂ O ₃	11,97%
Ca O	29,50%



ENADIMSA

APROVECHAMIENTO ENERGETICO A PARTIR DE RESIDUOS INDUSTRIALES

TORRAS HOSTENCH S.A. (GERONA)

ESQUEMA N° 4, CONDUCTOS DE HUMO. HORNOS 1,2 y 4

3.4.2 Chimenea

Las posibles marchas de funcionamiento de los hornos 1, 2 y 4, así como las necesidades de fuel-oil para conseguir producir 20 T/h, en las condiciones de proceso, son las siguientes:

<u>Caso</u>	<u>Materia seca quemada Kg/h</u>	<u>Consumo fuel-oil Kg/h</u>
A	6.000	0
B	4.500	230
C	3.000	800
D	1.500	940

A la entrada de la chimenea obtendremos:

<u>Caso</u>	<u>Humos de licor negro Kg/h</u>	<u>Humos de fuel-oil Kg/h</u>	<u>Humos total Kg/h</u>	<u>Temperatura °C</u>
A	73.910	-	73.910	200
B	57.200	3.770	60.970	200
C	33.460	13.110	46.570	200
D	16.730	19.830	36.560	200

Se ha considerado que la combustión del fuel-oil se lleva a cabo con un exceso de aire del 15%.

Para la evacuación de los humos se necesita una chimenea cuyo diámetro sea 1.700 mm.

Analizada la composición de los humos y expresando los caudales en Nm^3/h , se obtienen las bases para el cálculo de chimenea:

<u>Caso</u>	<u>Peso molecular</u>	<u>Caudal</u> <u>Nm^3/h</u>	<u>Contaminante</u> <u>SO_2 Kg/h.</u>
A	28,208	58.751	-
B	28,260	48.327	16,57
C	28,453	36.663	57,60
D	28,664	28.570	67,68

De acuerdo con la Orden 24477 del Ministerio de Industria de fecha 18 de Octubre de 1976 y en aplicación del Artículo 8, las alturas de chimenea que resultan, aplicando la fórmula oficial, en los distintos casos son:

$$H \text{ (m)} = \sqrt{\frac{A \cdot Q \cdot F}{CM} \sqrt[3]{\frac{n}{V \cdot \Delta T}}}$$

Siendo:

$$A = 70 \times I_c = 70 \times 6,14 = 429,8$$

$$Q \text{ (peso de } \text{SO}_2) = \begin{array}{ll} \text{caso A} & 0 \\ & \text{B } 16,57 \text{ Kg/h} \\ & \text{C } 57,60 \text{ Kg/h} \\ & \text{D } 67,68 \text{ Kg/h.} \end{array}$$

$$F \text{ (para } \text{SO}_2) = 1$$

$$C_M = C_{MA} - C_F = 0,4 - 0,3 = 0,1 \text{ mg/Nm}^3$$

*n (nº de chimeneas a distancia inferior a 2 H) = 1

V (caudal de gases emitidos a T °C):

Caso A	102,792 m ³ /h
B	83,731 m ³ /h
C	63,522 m ³ /h
D	49,500 m ³ /h.

T (diferencia entre la temperatura de los gases en chimenea y temperatura media anual ambiente) =
200 - 15 = 185° C.

Las alturas de chimeneas requeridas en los distintos casos resultan pues:

Caso B	17 m
C	33 m
D	51 m

Se adopta una chimenea de 51 m de altura.

En el diseño mecánico de la chimenea se tendrá en cuenta que la velocidad del viento para cálculo es de 120 Km/h.

** Se supone que la implantación definitiva podrá cumplir esta condición.

La chimenea estará constituida en principio por los siguientes materiales:

- Un tramo cilíndrico de diámetro 1.700 mm y longitud de 30.000 m dividido en 12.000 mm de chapa de 8 mm, 6.000 mm en chapa de 10 mm, 12.000 mm en chapa de 12 mm.
- Un tramo troncocónico de 1.700/2.500 y 21.000 mm de longitud en dos tramos de alturas iguales de 12 y 16 mm de espesor.

La chimenea dispondrá de brida de entrada de humos, boca de entrada de hombre y tubuladuras de tomas de muestra reglamentarias.

Asimismo dispondrá de escalera de acceso y plataforma hasta altura conveniente para hacer practicables las tomas de muestra.

Es aconsejable que el total de la chimenea sea refractada con hormigón aislante en un espesor de 40 mm.

Se ha considerado que el material de la chimenea es acero al carbono calidad A42 B o similar.

3.5 INSTALACIONES AUXILIARES

Las series existentes admiten la interconexión de los nuevos equipos previstos para la FASE II del proyecto.

3.5.1 Alimentación de agua al sistema de generación de vapor

Desde el depósito de alimentación de agua existente es posible hacer la interconexión necesaria a las bombas de caldera. Igualmente resulta suficiente el sistema de dosificación de reactivos.

No resulta por tanto necesario prever nuevo depósito de alimentación de agua y sistema de dosificación de reactivos.

La instalación se completará con el sistema de tuberías necesario.

3.5.2. Instalación de fuel-oil

A partir del depósito nodriza existente se puede alimentar el nuevo equipo de combustión a fuel-oil.

El caudal de fuel-oil previsto a quemar puede variar entre 230 y 940 Kg/h. por ello será necesario establecer un anillo de alimentación compuesto por dos grupos moto-bomba, uno en funcionamiento y otro en reserva, capaces de dar un caudal de 3000 Kg/h a la presión de trabajo de 12 Kg/cm^2 y un intercambiador de calor.

El sistema estará provisto de contadores de caudal de fuel-oil, elementos para la regulación de presión y - la instrumentación necesaria.

La instalación se completará con filtros autolimpian-tes, válvulas de interrupción y retención, tuberías, traceado y calorifugado, manómetros y termómetros, — etc.

3.5.3. Instalación de vapor

Para la interconexión de vapor desde la nueva caldera de vapor al colector general de alta presión se necesita el montaje de un sistema de tuberías de una longitud aproximada de 90 m. con sus correspondientes — accesorios, soportes y calorifugado.

3.6 INVERSIONES Y RENTABILIDAD. FASE II

TABLA 3-1

FASE II

BASES PARA LA EVALUACION ECONOMICA

- . Referencia Junio 1981.
- . Se considera que la FASE II no aporta ningún incremento en el consumo de materias primas y servicios respecto a la situación en FASE I, y tampoco se tiene en cuenta el valor - de los residuos adicionales que se producen.
- . 8000 horas/año de funcionamiento a régimen normal.
- . Gastos de mantenimiento anuales estimados en un 5% de la - inversión.
- . La plantilla se incrementa en tres personas a un coste unitiario total de 1,8 MM PTA/Hombre-año.
- . Los seguros y tasas representan el 1,5% de la inversión.
- . Precio fuel-oil : 18.500 PTA/Tm.
- . Amortización lineal en 10 años.
- . No hay gastos financieros.
- . No se consideran repercusiones de tipo fiscal.

TABLA 3-2

RESUMEN DE INVERSIONES PARA LA FASE II

. Precios referidos a Junio 1981.

	x 10 ³ pts.
Conductos de humos	4.300
Chimenea	6.200
Generador de vapor	136.100
Filtros electrostáticos	101.000
Equipos de preparación de fuel-oil	1.840
Tuberías	2.200
Instrumentación	960
Electricidad	400
Obra Civil	<u>12.000</u>
Subtotal	<u>265.000</u>
<u>Varios</u>	
Ingeniería, dirección de obra, repuestos, etc.	<u>31.800</u>
TOTAL INVERSIONES	<u><u>296.800</u></u>

TABLA 3-3

FASE II

COSTES ANUALES DE PRODUCCION ADICIONALES

RESPECTO A LA SITUACION EN FASE I

	10 ³ pts.
Gastos de mantenimiento	14.840
Gastos de personal	5.400
Seguros y tasas	4.452
Amortización	<u>29.680</u>
TOTAL COSTES FASE II	<u><u>54.372</u></u>

TABLA 3-4

FASE II

EVALUACION ECONOMICA

Ahorro en fuel-oil

1,08 Tm/hr x 8000 hr/año

8640 Tm/año

Valor del fuel-oil ahorrado

8640 Tm/año x 18500 pta/Tm

159840 x 10³ Pta/año

Beneficio adicional

159840 x 10³ - 54372 x 10³

105468 x 10³ Pta/año

Rentabilidad de la inversión

(105468 / 296800) x 100

35,5 %

Tiempo de recuperación de la inversión

12 x (296800) / (105468 + 29680)

26,3 meses

C A P I T U L O 4

EMPLEO DEL CARBON COMO COMBUSTIBLE

ALTERNATIVO DEL FUEL-OIL

F A S E I I I

4. EMPLEO DEL CARBON COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO DEL
FUEL-OIL

4.1 INTRODUCCION

Desde el punto de vista "ahorro energético", el empleo de carbón como combustible respecto al fuel-oil, no introduce mejora alguna. Los condicionamientos para el empleo de carbón deben basarse en la conveniencia o no de una política energética que favorezca su utilización en vez de derivados del petróleo.

El usuario, TORRAS HOSTENCH, S.A., a la vista de sus condicionamientos futuros de fabricación y de las necesidades de energía eléctrica, propone producir 60 T. vapor/h., a 65 Kg/cm^2 y 520° C , para entrar en un turboalternador a 62 Kg/cm^2 y 515° C . El nuevo alternador funcionará con 50 T vapor/h., descargando sobre el colector de baja presión a contrapresión a $3,5 \text{ Kg/cm}^2$ y 10 T vapor/h, descargando sobre el colector de media presión a 12 Kg/cm^2 , con un consumo específico de 1.350 Kcal/KWh.

En las condiciones actuales el consumo específico del turboalternador existente es de 1.512 Kcal/KWh.

Los valores anteriormente expuestos deben ser comprobados con todo cuidado en la instalación existente y en las nuevas ofertas que se soliciten.

Las diferencias de consumos específicos, en cuanto a consumos de combustible en caldera, significan que se obtiene un ahorro neto de 180 Kcal por KWh producido (supuesto rendimiento térmico de caldera 90%). Todo ello nos lleva a la conclusión provisional de que el rendimiento en la producción de energía eléctrica puede ser mejorado del 57 al 64%.

4.2 PARQUE DE CARBONES

La función del parque de carbón será la de almacenar una cantidad suficiente para hacer frente a las irregularidades de suministro.

El parque de carbón tendrá una capacidad aproximada de almacenamiento correspondiente a 40 días de consumo a plena carga, lo que representa una reserva probable en parque para 30 días considerando que esté normalmente lleno en sus 3/4 partes.

Esta capacidad se considera suficiente, teniendo en cuenta la procedencia probable del carbón y el sistema de transporte, aunque pudiera haber inconvenientes en el caso de problemas laborales prolongados.

El sistema elegido para manejo del carbón está influenciado principalmente por la localización del parque a respetable distancia de la caldera y el relativamente pequeño consumo de la misma.

Estas dos variables, unido a que ya existe un tráfico con camiones para otras materias primas entre la zona de almacenamiento y la fábrica, aconsejan la decisión de construir un parque de bulldozers o más exactamente de palas cargadoras.

El parque consistirá en esencia en un lugar de almacenamiento preparado para la descarga de los camiones volquetes, sistema de transporte de llegada del carbón a la planta, el cual será apilado en una o dos parvas por medio de bulldozers o palas cargadoras.

Se ha partido de la base de que no será aconsejable una altura de almacenamiento mayor de 6 m., aún teniendo en cuenta el efecto positivo de compactación debido al sistema de manejo sobre la posibilidad de autocombustión del carbón, ya que no se conocen exactamente las características del mismo. En el caso de que la experiencia lo aconseje por ser fácilmente oxidable, se emplearán dos parvas y formación alternativa de las mismas con rampa en el material y descarga del carbón sobre la parte alta de la parva.

No se considera necesario el empleo de tensoactivos para disminuir los problemas de oxidación aunque pudieran ser necesarios en el caso de que, por la granulometría del carbón, apareciesen problemas de arrastre de polvo por el viento al parque de madera y consiguiendo ensuciamiento de la materia prima.

El parque será rectangular con unas dimensiones aproximadas de 75 x 30 m. La solera del mismo estará formada por terreno compactado natural, de escoria, macadán o similar. Una ligera inclinación permitirá dirigir las aguas de lluvias a un sistema de recogida que lleve el carbón arrastrado a las balsas de sedimentación y recuperación del mismo.

El parque estará servido por una pala cargadora en tiempo compartido con otros servicios tales como carga y manejo de cortezas.

Su función será la de extender, igualar y formar la parva de carbón una vez depositado en la parte alta por los volquetes que se hayan decido descargar en el parque, así como de cargar los volquetes que estén encargados del transporte del carbón del parque a la tolva de descarga en caldera.

4.3 TRANSPORTE DE CARBONES

La llegada y descarga de camiones volquete que suministran el carbón del exterior se supone que serán efectuadas en dos relevos de 8 horas, mientras que el transporte y suministro de carbón a la caldera serán efectuados en tres relevos de 8 horas.

Siempre que, a la llegada de un camión del exterior haya posibilidad de recibir carbón en la caldera, será descargado en la tolva de recepción de la misma sin pasar por el parque. Se programará el carboneo de modo que, al principio de la jornada a la llegada del carbón del exterior, haya en tolvas de caldera la mínima cantidad de carbón compatible con la seguridad de servicio y al final de la misma queden las tolvas llenas.

Se supone que, por esta razón, como término medio, los $\frac{2}{3}$ del consumo del carbón, o sea 128 T, serán descargados directamente por los camiones de transporte exterior en la tolva de caldera y el resto, o sea del orden de 64 T será descargado en el parque.

Durante el turno de noche el suministro de carbón a la caldera procederá del parque.

4.4 CARGA DE CARBON EN SILOS DE CALDERA

En el plano P115.OZ.P00001 está representado el sistema de descarga y manejo de carbón en la caldera.

El carbón llega en camiones volquete y es descargado en una tolva enterrada con una capacidad de $23,4 \text{ m}^3$ bajo cota cero. Se calcula que otros $2,5 \text{ m}^3$ podrán ser almacenados sobre el nivel del suelo en forma de montón.

Con objeto de evitar en lo posible la difusión del polvo de carbón que pudiera dar lugar a ensuciamiento de la producción de la fábrica, se ha previsto un sistema de captación de polvo.

Este sistema consiste en una estructura cerrada protegida por medio de una cortina en la parte de descarga de los camiones y una instalación de succión y filtrado de polvo por medio de bolsas o margas.

La tolva supuesta de hormigón ha sido diseñada con ángulos de deslizamiento que permiten asegurar la no retención del carbón aún en el caso de altos contenidos de humedad en el mismo.

En la parte inferior de la tolva ha sido previsto un cierre de barras lo suficientemente robusto de modo que permita atender a la reparación del alimentador extractor aún en el caso de tolva de carbón llena.

El sistema de extracción de carbón de la tolva está constituido por un alimentador de cinta con un ancho de banda de 1 m. Este alimentador extractor tendrá un ángulo de artesa de 20° y una velocidad de 0,2 m/seg.

Entre la parte inferior de la tolva de hormigón y la banda será previsto un tolvin metálico con un cierre de ajuste entre tolvin y banda del extractor. Este sistema de ajuste será de goma sin refuerzos interiores y con una dureza de 40 - 50° shore. No deberán dar lugar a desgaste en la banda y se realizarán de una sola pieza para evitar pérdidas de material o fugas de polvo para lo cual se admitirá el vulcanizado. El reglaje del cierre se efectuará "in situ".

En la parte posterior los cierres laterales se prolongarán unos 10 cm. En la zona posterior próxima al tambor de reenvío se cerrará.

En la anterior se preverá un cierre tajadera accionado manualmente con objeto de graduar volumétricamente la alimentación de carbón. La altura de la carga de carbón no será en ningún caso menor que tres veces el tamaño máximo de grano en el caso de que se trate carbón clasificado.

El alimentador extractor descargará el carbón en un sistema de cintas transportadoras encargadas de llevarlo al silo de caldera.

Este sistema de transporte estará constituido por dos cintas transportadoras inclinadas, de un ancho de banda de 650 mm y una velocidad de 1,68 m/seg. El ángulo de artesa es de 30°. Con estas características la capacidad de transporte teniendo en cuenta el coeficiente de inclinación será de 126 m³/h equivalente a unas 110 T/h. de carbón.

Por necesidades de espacio ha sido necesario dar una inclinación de 24° a las cintas transportadoras por lo que será preciso emplear bandas nervadas.

Dado el ancho de las cintas transportadoras, se ha previsto pasillo de mantenimiento a un solo lado de las mismas. Las cintas transportadoras irán apoyadas en galería abierta con cubrición únicamente de la banda. Esta cubrición evitará el arrastre de polvo carbón por el agua de lluvia a instalación parada.

En el primer tramo del transportador que eleva el carbón desde la fosa de tolva, estará cubierto por galería de hormigón que, junto con la cubrición de banda del tramo exterior, impedirá la entrada de agua de lluvia a la fosa de tolva.

Los pasillos, tanto en esta galería como en el resto de la instalación, con inclinación de 24° deberán ser ejecutados en forma de escalera con peldaños.

Los puntos de transferencia se cubrirán con una carcasa para evitar la salida de polvo con cortinas de caucho en la entrada y salida del carbón, y juntas de goma en la unión de los distintos elementos. Serán fácilmente desmontables y manejables.

Se han previsto puertas con juntas de goma para atender a la inspección, mantenimiento, limpieza y eliminación de eventuales instrucciones.

Las canaletas de los puntos de descarga se han proyectado de manera que se eviten cuelgues.

De igual manera que en el tolvin metálico sobre el alimentador extractor, se han previsto placas guías con baberos de goma ajustables en los puntos de carga, así como cierres y cortinas de goma para evitar la pérdida de carbón y salida de polvo.

Igualmente se preverán cierres entre banda conductora y de retorno.

Se instalarán dispositivos de limpieza de la banda y de los tambores.

Se tendrán en cuenta las particularidades de las bandas nervadas en el diseño de los dispositivos de limpieza.

El material desprendido por los dispositivos de limpieza será devuelto al camino de transporte mediante la caída directa al transportador siguiente.

Los pasillos, plataformas, escaleras y la parte bajo cintas, que pudieran acumular carbón, estarán contruidos con chapa soldada de forma que den lugar a un sistema estanco (canaleta) y poder de esta forma ser limpiados por medio de chorro de agua sin goteo al exterior. El sistema estará dispuesto de forma que el carbón arrastrado pueda ser conducido a un sistema de sedimentación y eventual recuperación si fuera preciso o evacuado a un lugar que no pueda producir ensuciamiento en la línea de pasta o papel.

El sistema de cintas transportadoras conduce el carbón al silo de caldera. Este silo, con una capacidad aproximada de $9,6 \text{ m}^3$, será efectuado en construcción metálica y quedará unido en su parte inferior al conducto de alimentación a la caldera con intermedio del correspondiente dosificador.

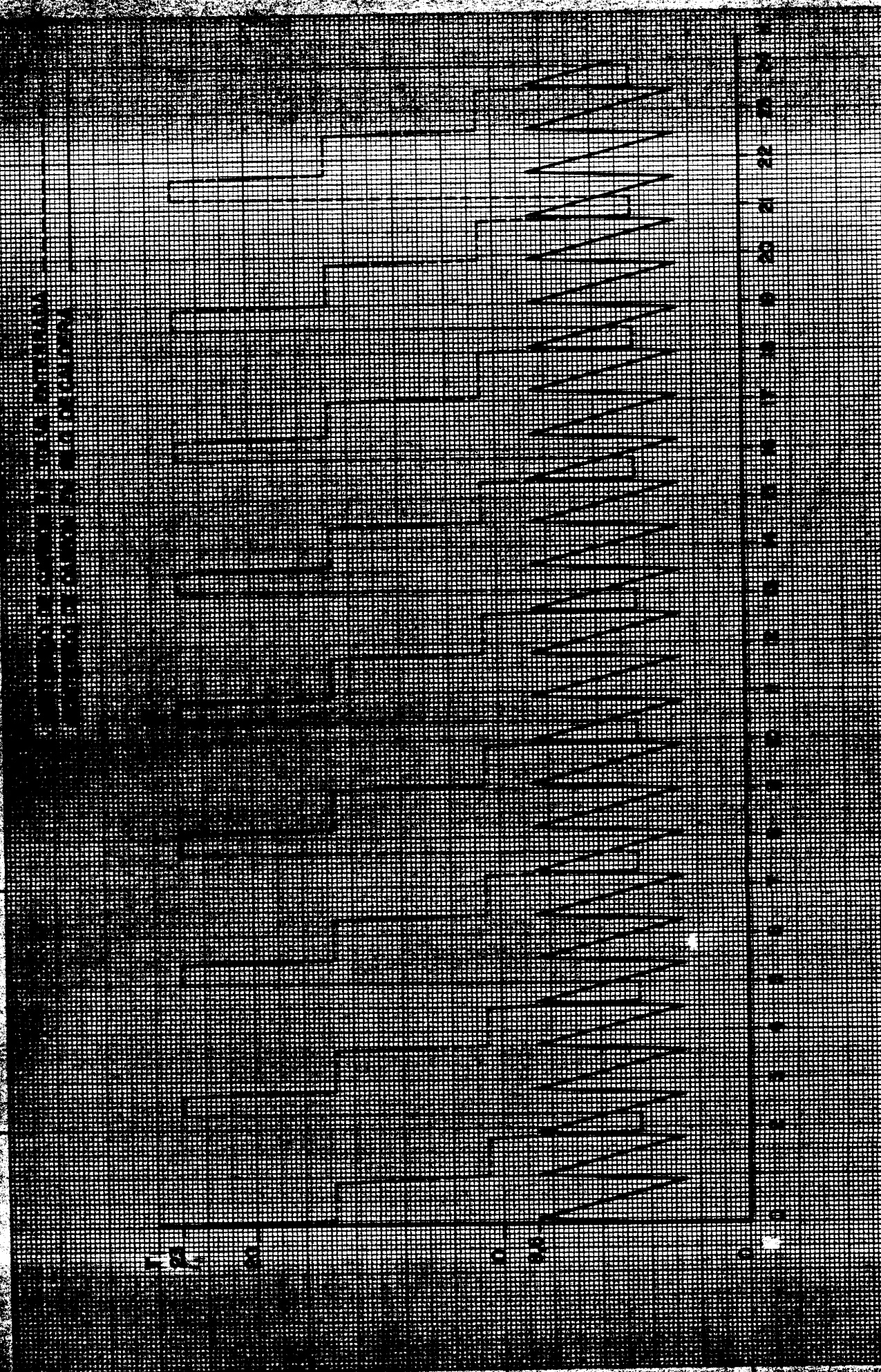
4.5 SISTEMA DE TRABAJO CON CARBON

De acuerdo con las capacidades de la tolva de descarga de camiones y del silo de alimentación a la caldera y tomando como peso específico aparente del carbón $0,9 \text{ T/m}^3$, se obtienen los gráficos de llenado de la tolva de descarga de camiones y del silo de caldera adjuntos.

Para la obtención de estos gráficos se ha considerado un consumo de carbón de 8 T/h. , y que es necesario que en el silo haya al menos $2,5 \text{ T}$ de carbón por seguridad contra averías del sistema de transporte y como sello contra salida de gases. Este contenido mínimo lo dará la experiencia.

En el tiempo inicial se ha considerado que la tolva de descarga de camiones está completamente llena y el silo de caldera en el límite inferior de carga.

En estos gráficos se ve que aproximadamente cada hora será necesario efectuar una carga del silo de caldera que durará de tres a cuatro minutos y que cada dos a tres horas será preciso un llenado de la tolva de descarga de camiones.



4.6 PRODUCCION DE VAPOR

A. CONDICIONES BASICAS

Producción de vapor máxima continua	60 T/h.
Producción punta	66 T/h.
Presión de salida de vapor	65 Kg/cm ²
Temperatura salida de vapor	520 °C
Temperatura agua de alimentación	105 °C
Combustibles	Fuel-oil nº 2 Carbón
Rendimiento térmico referido a -- fuel-oil	91%
Rendimiento térmico referido a car bón	87%

Se requiere de la producción de vapor máxima continua se obtenga en las siguientes condiciones en cuanto a alimentación de combustible:

Fuel-oil	100% (Garantía)
Carbón	100% (Garantía)
5,5 Tm/h residuos forestales y resto carbón.	
5,5 Tm/h residuos forestales y resto fuel-oil.	

B. ALCANCE DEL SUMINISTRO

- 1) - Generador de vapor propiamente dicho.
 - Economizador y/o precalentador de aire.
 - Equipo de combustión F.O.
 - Equipo de combustión carbón y/o residuos.
 - Tolvin de alimentación y sistema de lanzamiento.
 - Equipo de extracción de cenizas.
 - Sopladores de hollín.
 - Escaleras, pasarelas y plataformas.
 - Materiales refractarios y aislantes.
 - Conductos de aire y humos propios de caldera y electrofiltro.
 - Regulación y control.
 - . Temperatura vapor recalentado.
 - . Combustión (con combustible preferente).
 - . Alimentación de agua.
 - Análisis de humos (O_2).
 - . Opacidad de humos.
 - Panel de control.

- 2) - Electrofiltro completo.
 - Armario de control alta y baja tensión.
 - Tolvas.
 - Válvulas de descarga.
 - Aislamiento térmico.
 - Sistema de limpieza de placas.
 - Equipamiento eléctrico completo.

- 3) - Soplantes de aire y humos.
- Motores de accionamiento.
- Válvulas de regulación y servomotor.

NOTA: En el estudio económico se compara la instala
ción de la caldera anterior con la que sólo sea ali
mentada por fuel-oil.

En las dos alternativas sería conveniente ampliar -
las instalaciones de almacenamiento de combustible
líquido pero resulta muy problemático ya que no exis
te espacio disponible.

4.7 CHIMENEA

En el caso de que se llegue a la conclusión de que resulta interesante la instalación de la nueva caldera resulta conveniente plantear las distintas emisiones de humos y ser evacuados por una chimenea única.

Dada la cantidad de contaminante que se daría en esta alternativa resulta difícil decidir qué condiciones definirían la chimenea si se tiene en cuenta las restricciones previstas debido a ser considerada la zona como zona "muy industrializada".

En principio es de prever que la altura mínima necesaria de la chimenea es 85 m y que resulta conveniente ser construida de hormigón.

4.8 INSTALACIONES AUXILIARES

4.8.1 Alimentación de agua a calderas

- . Depósito de alimentación de agua de 50 m^3 de capacidad y desgasificador.
- . Tres grupos moto-bomba (dos en funcionamiento y uno en reserva) de un caudal de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, presión diferencial $75 \text{ Kg}/\text{cm}^2$.
- . Sistema de regulación de presión (caudal mínimo).
- . Sistema de tuberías.
- . Sistema de dosificación de reactivos.

4.8.2 Sistema de fuel-oil

- . Dos grupos moto-bomba para un caudal de $10.000 \text{ l}/\text{h}$ a la presión diferencial de $12 \text{ Kg}/\text{cm}^2$.
- . Equipo de precalentamiento de fuel-oil a vapor.
- . Sistema de control de presión y temperatura en anillo de fuel-oil.
- . Sistema de tuberías.

4.8.3 Instalación de vapor

- . No está determinada.

Nota.- Se supone que los servicios de electricidad, aire de instrumentos, agua de refrigeración, etc. — permiten la nueva ampliación.

Las inversiones previstas en esta fase no comportan mejoras en cuanto a ahorro energético se refiere.

Se pretende obtener una mejora económica en cuanto a la utilización de carbón como combustible alternativo del fuel-oil.

Se desconocen los balances de materia y energía que han llevado a TORRAS HOSTENCH, S.A. a la conclusión de que es necesario el aumento de la producción de vapor necesaria para su fabricación.

En cuanto a inversiones se analizan dos alternativas.

- a) Utilización de carbón como combustible de acuerdo con la descripción del presente Capítulo 4.
- b) Utilización de fuel-oil como combustible en generadores de vapor convencionales.

Las informaciones dadas en cuanto a inversiones no son completas, ya que alcanzada esta fase sería conveniente replantear todos los conductos de humos y chimeneas y, en fase de estudio de viabilidad, resulta prácticamente imposible obtener resultados suficientemente buenos.

Dado que las instalaciones de conductos de humos y

chimenea serian comunes a las dos alternativas planteadas, lo que sí resulta válida es la diferencia entre inversiones.

Asimismo, se ha dejado de evaluar una eventual ampliación de almacenamiento de fuel-oil, ya que en la planta no existe espacio disponible.

TABLA 4-1

FASE III

BASES PARA LA EVALUACION ECONOMICA

- Referencia Junio 1.981.
- 8.000 horas/año de funcionamiento en régimen normal.
- Se supone que el régimen de utilización medio corresponde al 80 % de la producción máxima continua.
- Gastos de mantenimiento anuales estimados en un 5 % de la inversión.
- Los seguros y tasas representan el 1,5 de la inversión.
- La plantilla se verá incrementada en nueve personas si se decide utilizar carbón como combustible.
- La plantilla se verá incrementada en tres personas si se decide utilizar sólo fuel-oil como combustible.
- El coste unitario por persona es de 1,8 MM Pta/hombre/año.
- Precio del fuel-oil, incluido transporte, 18.500 Pta/Tm.

- Precio del carbón, incluido transporte: 9.500 pta/Tm.

- Precio del KWh: 5 Pta/KWh.

- Amortización lineal en 10 años.

- No hay gastos financieros.

- No se consideran repercusiones de tipo fiscal.

TABLA 4.2

RESUMEN DE INVERSIONES PARA LA FASE III

- Cifras en miles de Pta.

- Precios referidos a Junio 1.981.

a) Caso CARBON y/o FUEL-OIL

CINTAS TRANSPORTADORAS

- Cinta extractora	1.350 Pts.
- Cinta T-1, B=650 mm(en bastidor reforzado con capotaje).	2.700 "
- Cinta T-2, B=650 mm (en bastidor reforzado con capotaje).	2.750 "
	<hr/>
SUBTOTAL	6.800 "
	<hr/>

ESTRUCTURA Y CALDERERIA

- Estructura y cubrición tolva descarga camiones	850 "
- Tolvin en boca de tolva de descarga y cierre	150 "
- Torre de tranferencia cinta T.1 a cinta T.2	1.100 "
- Estructura y cubrición cabeza cinta T.2	500 "
- Tolva metálica 9,6 m ³	400 "
	<hr/>
SUBTOTAL	3.000
	<hr/>

EQUIPO DE CAPTACION DE POLVO 5.000 Pta.

OBRA CIVIL PARA:

- Tolva y rejilla protección 700 "
- Foso col a cinta T.1 y galería
subterranea a cinta T.1 2.500 "
SUBTOTAL 3.200 "

- 3 equipos de captación de polvo
en transferencias 1.500 "
- Elementos de manutención (Polipastos) 500 "
SUBTOTAL 2.000 "

PRODUCCION DE VAPOR

- Caldera de vapor fuel-oil/carbón y
equipo de depuración de humos
SUBTOTAL 415.000 "

AUXILIARES, PRODUCCION DE VAPOR

- Tras bombas de alimentación de agua 2.900 "
- Equipo adición de reactivos 750
- Desgasificador y depósito alimen-
tación 3.850 "
- Anillo de fuel-oil, bombas, cambiador,
regulación de presión, etc. 920 "
- Tuberías 2.100 "
SUBTOTAL 10.520 "

OBRA CIVIL (Sala de calderas) 13.000 Pta.

- Un camión volquete 20Tm 8.000 "

- Una pala cargadora 4.000 "

SUBTOTAL 12.000 "

VARIOS

- Ingeniería, dirección de obras,
repuestos, etc.

SUBTOTAL 56.500 Pta.

TOTAL INVERSIONES 527.020 Pta.

b) Caso sólo FUEL-OIL

PRODUCCION DE VAPOR

- Caldera de vapor a fuel-oil 104.300 Pta.

AUXILIARES PRODUCCION VAPOR

- Tres bombas alimentación de agua 2.900 Pta.

- Equipo adición de reactivos 750 "

- Desgasificador y depósito alimenta
ción 3.850 "

- Anillo de fuel-oil, bombas, cambia
dor, regulación de presión, etc. 920 "

- Tuberías		2.100 Pta.
	SUBTOTAL	<u>10.520 Pta.</u>
OBRA CIVIL (Sala de calderas)	SUBTOTAL	<u>10.000 Pta.</u>
VARIOS		
- Ingeniería, dirección de obra, repuestos, etc.,	SUBTOTAL	<u>15.000 Pta.</u>
	INVERSION TOTAL	<u><u>129.820 Pta.</u></u>

TABLA 4.3.

FASE III

COSTES ANUALES COMPARATIVOS DE PRODUCCION

	<u>Fuel-oil</u>	<u>Carbón</u>	<u>Carbón-fuel-oil</u>
Régimen medio de utilización y 8.000 h/año		80 % de Producción	Máxima continua
Consumo carbon Tm/año	-	44.672	44.672
Consumo F.D. Tm/año	27.648	-	- 27.648
Mano de obra Hombres/año	3	9	6
Electricidad MMWh/año	1.520	1.800	280
Inversión 10 ³ PTA	129.820	527.020	397.200

Costes anuales en miles de pesetas

Mantenimiento	6.491	26.351	19.860
Mano de Obra	5.400	16.200	10.800
Seguros	1.947	7.905	5.958
Amortización	12.982	52.702	39.720
Electricidad	7.600	9.000	1.400
Combustibles	511.488	424.384	- 87.104

Incremento costes carbon-fuel x 10³ PTA/año - 9.366

$$\text{Rentabilidad marginal} = \frac{\text{Incremento costes}}{\text{Incremento inversión}} \times 100 = \frac{9.366}{397.200} \times 100 = 2,36 \%$$

TABLA 4.4.

FASE III

PRECIOS DEL CARBON EN FUNCION DE LA RENTABILIDAD
MARGINAL Y REGIMEN DE UTILIZACION

Reg. Util.	Rentabilidad Marginal %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
100	9.705	9.350	8.994	8.721	8.282	7.927	7.571	7.215
90	9.512	9.117	8.721	8.326	7.931	7.535	7.140	6.745
80	9.265	8.820	8.376	7.931	7.487	6.833	6.598	6.153
70	8.983	8.480	7.978	7.475	6.973	6.470	5.968	5.466

Bases. Tablas 4.1, 4.2, y 4.3

Junio 1.981

CAPITULO 5

CONSIDERACIONES GENERALES

5.

CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

El presente capítulo expone aquellas consideraciones que, sin llegar a ser completas, son necesarias tener en cuenta a la hora de acometer la adquisición de los equipos principales y de plantear las instalaciones.

5.1 GENERADORES DE VAPOR

5.1.1 Generadores de vapor acuotubulares

CAMARA DE COMBUSTION

La cámara de combustión estará prevista para el uso de los combustibles especificados.

La protección de la cámara de combustión se obtendrá mediante tubos tangentes, tubos aleteados longitudinalmente por extrusión o soldados a las aletas.

La disposición de los tubos y la forma de las paredes deberán ser de un tipo apto para evitar que se forme hollín en cualquier parte del hogar y que permita la sustitución de los tubos.

Cuando se utilice como combustible fuel-oil la temperatura de los humos a la salida de la cámara de combustión no debe ser superior a 1.270° C.

La forma y dimensiones de la cámara de combustión deberán ser tales que la combustión sea completa dentro de la misma y que no haya zonas en las que las llamas interfieran a los tubos de protección.

Los fondos de la cámara de combustión dispondrán de mirillas, en número adecuado, para poder observar la marcha de la combustión y todas las paredes.

Los orificios practicados en la cámara de combustión estarán equipados con dispositivos de estanqueidad con aire sacado (normalmente) de los ventiladores de aire.

El material elegido para la fabricación de los tubos será acero al carbono tipo caldera.

CUERPOS CILINDRICOS

Los cuerpos cilíndricos serán de acero de calidad y construcción soldada eléctricamente.

La conexión a los tubos será preferiblemente por mandrilado, aunque también se admitirá, previo acuerdo, la unión por mandrilado y soldadura de estanqueidad.

El tambor de vapor estará provisto de todos los accesorios internos para obtener una buena separación entre el vapor y la mezcla vapor - agua, de manera que se asegure la pureza del vapor necesaria para el servicio en turbinas.

El cuerpo cilíndrico estará provisto de las tubuladuras bridadas necesarias para una correcta conexión a las válvulas de seguridad, niveles y aparatos de control y regulación, purga, tomas de muestra, inyección química, etc. Se instalarán además tuberías adecuadas para la distribución de agua de alimentación, purga continua e inyección de productos químicos.

El diámetro del cuerpo cilíndrico superior no será inferior a 1.000 mm y el del inferior a 800 mm.

TUBOS

Todos los tubos que forman la protección de la cámara de combustión y de los haces tubulares serán de acero estirado y sin soldadura.

Los tubos que se conectan a los cuerpos cilíndricos tendrán sus extremos mandrinados a fin de permitir su correcto mandrilado a los cuerpos cilíndricos. Los orificios practicados en estos últimos estarán dotados al menos de un surco circunferencial para mejorar el mandrilado.

El conjunto de las partes sometidas a presión se deberá poder dilatar libremente y será completamente drenable.

SOBRECALENTADOR

El sobrecalentador será preferiblemente del tipo a convección y por consiguiente estará situado a la salida de la cámara de combustión, protegido al menos por una fila de tubos del haz tubular.

El sobrecalentador estará formado por una serie de serpentines contruidos con tubos de acero estirado

sin soldadura, de calidad apropiada, de diámetro no inferior a 38 mm y normalmente soldados a los colectores. Los tubos no podrán ser, en función de la temperatura de cálculo, de calidades inferiores a las siguientes:

- . hasta 420° C, acero al C.
- . de 420 a 480° C, acero al 0,5 Mo.
- . de 480 a 520° C, acero al 1,25 Cr. 0,5 Mo.
- . de 520 a 560° C, acero al 2,5 Cr. 1,0 Mo.

El sobrecalentador deberá ser drenable.

ATEMPERADOR

El atemperador será del tipo de inyección teniendo en cuenta que se deberá disponer de una línea de agua para atemperación que provenga preferiblemente de la red de condensados limpios o agua desmineralizada, y siempre con agua desprovista de aditivos en suspensión.

El diseño del equipo deberá permitir garantizar el control de la temperatura de salida de vapor entre el 100 y el 50% de la producción de vapor máxima continua.

ECONOMIZADOR

Se pondrá esmerado cuidado en el diseño del economizador a fin de evitar la deposición de los productos sólidos en suspensión.

Se realizará preferentemente con tubos lisos estirados y sin soldadura.

CONDUCTOS DE AIRE Y HUMOS

Los conductos serán de chapa de acero y su espesor no será inferior a 4 mm para los conductos de aire y a 5 mm para los conductos de humos; estarán reforzados adecuadamente y provistos de juntas, soportes, apoyos, pernos de anclaje y dilatadores necesarios para absorber desplazamientos.

Los conductos en las zonas calientes serán calorifugados exteriormente y preferiblemente además serán gunitados interiormente.

SOPLADORES DE HOLLIN

Los sopladores serán del tipo a vapor.

En las zonas recorridas por humos a temperatura superior a 800° C, los sopladores serán del tipo retráctil.

En el haz de convección y en el economizador, se montarán sopladores de hollín en número, tipo y posición, suficiente para obtener un completo soplado de todas las superficies.

Los sopladores estarán provistos de todas las tuberías de conexión, válvula reductora de presión si es necesaria, toda la valvulería, drenajes y purgadores de condensados, válvula que asegure que el vapor no fluya hacia la caldera.

El mando será local comandado desde un panel previsto al respecto.

5.1.2 Generadores de vapor pirotubulares

Los generadores de vapor pirotubulares serán del tipo monobloc, horizontal, de hogar interno y dispondrán de dos o tres recorridos de humos, con cámara de inversión de humos de combustión realizada como continuación del hogar.

La caldera pirotubular estará constituida por:

- . Una envolvente exterior que constituye el cuerpo del generador, de chapa de acero de calidad, soldada eléctricamente. Interiormente dispondrá de un tubo para la distribución adecuada del agua de alimentación, elementos para la separación del vapor de la emulsión agua - vapor, tubuladuras necesarias y bases de apoyo.
- . Placas tubulares para la sujeción de los tubos al cuerpo cilíndrico y al hogar.
- . Tubo hogar cilíndrico, liso u ondulado, soldado eléctricamente y provisto de anillos de refuerzo y dilatación.
- . Elementos de anclaje constituidos por cartelas, tubos tirante y virotillos.
- . Cajas de humo.
- . Puertas de acceso para limpieza por los lados de agua y humos.

5.1.3 Accesorios de calderas

Los accesorios previstos para las calderas estarán en estricto acuerdo con lo exigido por el Vigente Reglamento de Aparatos a Presión, y como mínimo serán:

- Para la salida de vapor, válvula de interrupción y válvula de retención.
- Para la alimentación de agua, válvulas de retención y válvula de interrupción.
- Válvulas de venteo y de puesta en marcha.
- Válvulas de purga continua y para tomas de muestra.
- Dos válvulas de seguridad para vapor saturado y una para vapor recalentado.
- Válvulas de vaciado.
- Sistema de introducción de reactivos químicos.
- Dos conjuntos de indicación de nivel.
- Indicaciones de temperatura en alimentación de agua, vapor saturado y vapor sobrecalentado.
- Indicaciones de presión en agua de alimentación y vapor saturado.
- Indicaciones de presión y temperatura en conductos de humos.

5.2 EQUIPOS DE COMBUSTION

La instalación de combustión se proyectará para los combustibles especificados en cada caso, serán de funcionamiento automático y capaces de seguir con sensibilidad adecuada las fluctuaciones de la demanda de vapor.

Deberá comprender todos los dispositivos necesarios para un funcionamiento perfecto del quemador en cuanto a modulación de caudal de combustibles y aire.

Se producirá bloqueo de la llegada de combustible si las presiones y temperaturas (caso de combustible líquido) no son adecuadas, falta de aire de combustión, falta de energía eléctrica, nivel de agua en caldera bajo y muy bajo, muy alta presión de vapor.

Las condiciones requeridas para el quemador son:

- a) Una sustitución rápida.
- b) Una variación de caudal del 20 al 100% con una estabilidad absoluta de la combustión.
- c) Una buena combustión a carga máxima continua con un exceso de aire del 15% cuando se queme fuel-oil y del 25% cuando se quemen combustibles sólidos.

Los quemadores podrán ser de atomización mecánica (por copa rotativa o por pulverizadores) con o sin aporte de vapor o aire para atomización.

El quemador de combustible líquido estará provisto de dispositivo de encendido eléctrico y sistema de vigilancia de llama.

El sistema de encendido de la llama principal se realizará a partir de un piloto auxiliar alimentado con gas combustible.

Los ciclos de encendido y apagado así como la verificación de las causas que produzcan bloqueo estarán controlados por un programador electrónico. La vigilancia de la llama se llevará a cabo por células fotoconductoras.

El sistema de programadores deberá permitir:

- El apagado a la presión máxima fijada para el vapor y el ulterior encendido cuando la presión baje (mandatorio para generadores pirotubulares).
- Coordinación de todos los controles y de la intervención de los distintos órganos de seguridad durante el funcionamiento.
- Barrido en el apagado del quemador, bloqueo en el caso de intervención de los órganos de seguridad.

5.3 REGULACION Y CONTROL

5.3.1 Regulación de la alimentación de agua

TODO-NADA

En calderas de baja producción de vapor y a media presión es suficiente disponer de un interruptor de nivel todo-nada, que ponga en funcionamiento y pare la bomba de alimentación de agua.

CONTINUA

En las calderas de alta producción de vapor y a alta presión se deberá prever un sistema de alimentación de agua continuo y preferentemente a tres elementos:

La bomba de alimentación de agua permanece continuamente funcionando.

La admisión de agua es llevada a cabo a través de una válvula de alimentación que es comandada por la acción de dos reguladores conjugados. El primero, un regulador clásico de nivel, viene a corregir la consigna de un segundo regulador (caudal de agua) por medio de elementos de cálculo. En caso de no estabilizarse la señal procedente del control de nivel, un transmisor de caudal de vapor actúa sobre la válvula de alimentación de agua equilibrando el caudal de vapor a la salida con el caudal de agua, a través de los necesarios elementos de cálculo y correcciones.

5.3.2 Regulación de la temperatura del vapor sobrecalentado

Con esta regulación se pretende mantener constante la temperatura de sobrecalentamiento para los caudales de utilización.

La regulación es asegurada por acción de un órgano que ajusta el caudal necesario del fluido refrigerante (agua) para que después de la mezcla del mismo con el vapor sobrecalentado se obtenga vapor en las condiciones marcadas por el punto de consigna.

5.3.3 Regulación de la combustión

La regulación de la combustión tiene por misión, por una parte, ajustar el caudal de combustible para que el aporte calorífico se corresponda con la demanda y, por otra, asegurar la cantidad de aire necesaria para que la combustión sea completa, con el mínimo de inquemados.

En el caso de quemar residuos, se establecerá un ajuste sencillo y fiable consistente en establecer una marcha constante de la incineración de acuerdo con las disponibilidades de cortezas en un cierto período a determinar. Las fluctuaciones de la demanda de vapor (variaciones de presión en el colector de distribución) serán cubiertas bien actuando sobre los quemadores de combustibles líquidos de otras calderas o bien mediante el quemador existente en la propia caldera de recuperación.

En el generador de vapor alimentado con los humos procedentes de los hornos 1, 2 y 4, la regulación de la demanda de vapor (presión) se realizará con el equipo de combustión auxiliar (fuel-oil).

Para el generador de vapor a fuel-oil y/o carbón, se realizará mediante el establecimiento de una preferencia en cuanto a combustible quemado.

Las características de las funciones que actúan para el ajuste del combustible - aire comburente se deben analizar en cada caso concreto.

Cuando se requiera un control de la presión en cámara de combustión, éste se realizará por órganos de transmisión y cálculo que actúan sobre el elemento regulador de caudal del ventilador de tiro inducido.

5.3.4 Indicación y registro

Los variables que son necesarios controlar en sistemas de regulación y control continuos son susceptibles de ser indicados y/o registrados en un panel de control.

Los variables que se indicarán (I) y/o registrarán (R) deben ser:

CAUDAL:	Agua de alimentación	I, R
	Vapor sobrecalentado	I, R
	Fuel-oil	I, R
	Aire combustión	I, R.

PRESION:	Vapor sobrecalentado	I, R
	Aire salida ventilador	I
	Humos en hogar	I
	Humos entrada economizador	I
	Humos salida economizador	I
	Humos a pie de chimenea	I.

TEMPERATURA:	Agua alimentación	I, R
	Vapor sobrecalentado	I, R
	Humos entrada economizador	I, R
	Humos salida economizador	I, R
	Humos entrada en caldera	I, R.

5.4 VENTILADORES

Los ventiladores de aire y humos serán del tipo centrífugo y serán dimensionados de forma que puedan suministrar por lo menos un caudal del 20% superior al correspondiente en carga máxima continua y con una altura manométrica de un 30% superior a la correspondiente en la misma carga.

Las velocidades máximas admitidas serán de 3.000 rpm para los ventiladores de aire y 1.500 rpm para los de humos.

Los ventiladores llevarán cierres de regulación en la boca de aspiración, tendrán las manivelas necesarias para la regulación de estabilidad por servomotor.

El accionamiento de los ventiladores se realizará por motores eléctricos acoplados directamente o mediante multiplicador. La transmisión por correas solo se debe utilizar para motores cuyas potencias sean inferiores a 40 KW, con tal de que sean del tipo antichispa.

5.5. ELECTROFILTROS

Los electrofiltros serán del tipo horizontal con electrodos de descarga de placas paralelas y tolvas de recogida de polvo.

CARCASA

La carcasa será construida en chapa de acero al carbono debidamente reforzada para soportar los elementos interiores, tolvas, transformadores, rectificadores y compartimentos de aisladores, y con los clips que sean necesarios para aplicación de aislamientos.

La ejecución de la carcasa será estanca al agua, para lo cual las puertas de acceso, juntas entre cámaras, válvulas de descarga, etc., serán del diseño adecuado para conseguir este tipo de propósito y evitar fugas de cualquier tipo.

La inclinación mínima de las paredes de las tolvas será de 60° con respecto a la horizontal.

La capacidad de almacenamiento mínima de las tolvas será la correspondiente al polvo colectado durante 24 horas.

Las tolvas serán dotadas de los registros y entradas de hombre necesarios, así como de interruptores de nivel tipo capacitivo.

DISTRIBUCION DE GASES

Con objeto de conseguir una buena distribución de gases en el electrofiltro, se preverán a la entrada de gases deflectores y placas adecuadas.

PIEZAS INTERNAS

El sistema colector será del tipo placas modulares, colgadas verticalmente.

El sistema de alto voltaje consistirá en unos electrodos de acero, tipo cuerda de piano, reforzados en los extremos, con contrapesos de hierro fundido y armadura estabilizadora.

DISPOSITIVOS DE GOLPEO

Se preverán sistemas de golpeo para los siguientes elementos:

- Placas colectoras
- Sistema de emisión
- Placas de distribución de gas.

Mediante ajuste manual será posible en cada golpeador:

- Ajustar la frecuencia de golpeo
- Ajustar la intensidad de golpeo
- Ajustar la secuencia de golpeo de los distintos campos.

Los golpeadores de las placas colectoras serán situados sobre el techo del precipitador y, los del sistema de emisión, en los compartimentos de aisladores.

AISLAMIENTO TERMICO

El casing será recubierto por aislamiento en manta de lana de roca y protección exterior con chapa metálica (aluminio o chapa galvanizada).

VALVULAS DE DESCARGA

Cada tolva será equipada con una válvula de doble compuerta.

EQUIPO ELECTRICO DE POTENCIA

Estará compuesto por unidades independientes para cada campo de transformador-rectificador de silicio para suministrar a cada campo la corriente unidireccional de alto voltaje.

Cada unidad consistirá en transformador y rectificador de silicio, sumergido en un tanque de aceite para instalación interior en la parte superior del electrofiltro.

EQUIPO DE CONTROL

Estará compuesto de cuadros de distribución para el control de las unidades rectificadoras de alto volta-

je, tipo cabina, y por armarios de control de los sistemas de golpeo, etc.

EQUIPO ELECTRICO AUXILIAR

El cuadro estará provisto del sistema de señalizaciones luminosas y alarmas luminosas y acústicas con indicación de parada del equipo eléctrico por relé de sobrecarga.

Se preverán sistemas de conexión a tierra para los transformadores-rectificadores y para cualquier otro elemento que sea necesario. Líneas de alto voltaje y sus conductos para conectar los grupos eléctricos a cada campo. Llaves de enclavamiento de secuencia, para evitar al personal el contacto con el equipo de alto voltaje energizado.

5.6. RECIPIENTES A PRESION

Se diseñarán y construirán todos los recipientes conforme a los requerimientos de los códigos siguientes:

ASME Section VIII Pressure Vessels.

ASME Section V Nondestructive Examination.

ASME Section IX Welding and Brazing Qualifications.
Americam Welding Society.

Todos los recipientes cumplirán con los requisitos del vigente Reglamento Español de Recipientes a Presión.

La selección de materiales para todos los recipientes se hará con las precauciones debidas a las condiciones del servicio y seguridad, peso, coste, construcción y duración del diseño.

Todas las tubuladuras estarán de acuerdo con ANSI B 16.5.

5.7. INTERCAMBIADORES DE CARCASA Y TUBOS

Se diseñarán y construirán atendiendo a las prescripciones de la norma TEMA ("Tubular Exchange Manufacturers Association") y el código ASME Secc. VIII Div. 1. Los controles no destructivos, serán realizados según ASME Secc. V y la calificación de procedimientos de soldadura y soldadores se realizarán según la sección IX del citado código.

La selección de materiales para todos los intercambiadores, se hará con las precauciones debidas a las condiciones del servicio y seguridad, peso, coste, fabricación y duración del diseño.

Todas las tubuladuras estarán de acuerdo con ANSI B 16.5.

Los intercambiadores cumplirán además con los requerimientos del vigente Reglamento de Recipientes a Presión.

5.8. BOMBAS CENTRIFUGAS

Estarán de acuerdo con API 610. Todas las bombas, a excepción de una de las bombas contra incendios (diesel), serán accionadas por motor eléctrico.

Se seleccionarán los materiales de construcción cuidadosamente para dar una máxima fiabilidad. Las unidades de bombas contra incendios estarán de acuerdo con la última edición del Código NFPA 20 de bombas centrifugas contra incendios (Centrifugal Fire Pump Code NFPA 20).

5.9. BOMBAS ALTERNATIVAS

Quando se requieran caudales bajos y elevadas presiones, se emplearán bombas alternativas. Serán duplex o triplex accionadas por motores eléctricos. Sus características estarán de acuerdo con los requerimientos del Instituto de Hidráulica (Hydraulics Institute). - Se dispondrán botellones amortiguadores para evitar - problemas de pulsación en las tuberías.