



PROYECTO ENMA (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

ANEXO II. - EMISIONES DE CENTRALES TERMICAS DE
CARBON.

PLAN ENERGETICO NACIONAL

DICIEMBRE, 1984

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

50273

| | |
|---------|---|
| TITULO | PROYECTO ENMA (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE) <u>ANEXO II.</u> - EMISIONES DE CENTRALES TERMICAS DE CARBON. |
| CLIENTE | PLAN ENERGETICO NACIONAL |
| FECHA | DICIEMBRE, 1984 |

Referencia: P20810

Departamento: Geología, Prospección y Medio Ambiente

CENTRALES TERMICAS DE SERVICIO PUBLICO ESPAÑOLAS
ALIMENTADAS CON COMBUSTIBLES SOLIDOS

EMISIONES CONTAMINANTES

Junio 1984

I N D I C E

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. VALORACION DE EMISIONES | 3 |
| 3. CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON HULLA O ANTRACITA .. | 7 |
| 3.1 ABOÑO | 8 |
| 3.1.1 Descripción | |
| 3.1.2 Combustibles de diseño | |
| 3.1.3 Combustibles consumidos | |
| 3.1.4 Nivel de emisiones | |
| 3.1.4.1 Humos | |
| 3.1.4.2 Partículas | |
| 3.1.4.3 Gases sulfurosos. | |
| 3.2 SOTO DE RIVERA | 34 |
| 3.2.1 Descripción | |
| 3.2.2 Combustibles de diseño | |
| 3.2.3 Combustibles consumidos | |
| 3.2.4 Nivel de emisiones | |
| 3.2.4.1 Humos | |
| 3.2.4.2 Partículas | |
| 3.2.4.3 Gases sulfurosos | |
| 3.2.5 Nivel de inmisiones | |
| 3.3 L A D A | 51 |
| 3.3.1 Descripción | |
| 3.3.2 Combustibles de diseño | |
| 3.3.3 Combustibles consumidos | |
| 3.3.4 Nivel de emisiones | |
| 3.3.4.1 Humos | |
| 3.3.4.2 Partículas | |
| 3.3.4.3 Gases sulfurosos | |
| 3.3.5 Nivel de inmisiones | |

| | <u>Página</u> |
|-------------------------------|---------------|
| 3.4 NARCEA | 65 |
| 3.4.1 Descripción | |
| 3.4.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.4.3 Combustibles de diseño | |
| 3.4.4 Combustibles consumidos | |
| 3.4.5 Nivel de emisiones | |
| 3.4.5.1 Humos | |
| 3.4.5.2 Partículas | |
| 3.4.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.4.6 Nivel de inmisiones | |
| 3.5 ANILLARES | 82 |
| 3.5.1 Descripción | |
| 3.5.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.5.3 Combustibles de diseño | |
| 3.5.4 Combustibles consumidos | |
| 3.5.5 Nivel de emisiones | |
| 3.5.5.1 Humos | |
| 3.5.5.2 Partículas | |
| 3.5.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.5.6 Nivel de inmisiones | |
| 3.6 COMPOSTILLA II | 100 |
| 3.6.1 Descripción | |
| 3.6.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.6.3 Combustibles de diseño | |
| 3.6.4 Combustibles consumidos | |
| 3.6.5 Nivel de emisiones | |
| 3.6.5.1 Humos | |
| 3.6.5.2 Partículas | |
| 3.6.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.6.6 Nivel de inmisiones | |

| | <u>Página</u> |
|-----------------------------------|---------------|
| 3.7 LA ROBLA | 118 |
| 3.7.1 Descripción | |
| 3.7.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.7.3 Combustible de diseño | |
| 3.7.4 Combustibles consumidos | |
| 3.7.5 Nivel de emisiones | |
| 3.7.5.1 Humos | |
| 3.7.5.2 Partículas | |
| 3.7.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.7.6 Nivel de inmisiones | |
| 3.8 VELILLA DEL RIO CARRION | 138 |
| 3.8.1 Descripción | |
| 3.8.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.8.3 Combustible de diseño | |
| 3.8.4 Combustibles consumidos | |
| 3.8.5 Nivel de emisiones | |
| 3.8.5.1 Humos | |
| 3.8.5.2 Partículas | |
| 3.8.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.8.6 Nivel de inmisiones | |
| 3.9 PUENTE NUEVO | 154 |
| 3.9.1 Descripción | |
| 3.9.2 Cuenca carbonífera | |
| 3.9.3 Combustibles de diseño | |
| 3.9.4 Combustibles consumidos | |
| 3.9.5 Nivel de emisiones | |
| 3.9.5.1 Humos | |
| 3.9.5.2 Partículas | |
| 3.9.5.3 Gases sulfurosos | |
| 3.9.6 Nivel de inmisiones | |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 3.10 CARBONERAS | 176 |
| 3.10.1 Descripción | |
| 3.10.2 Combustibles de diseño | |
| 3.10.3 Nivel de emisiones | |
| 3.10.3.1 Humos | |
| 3.10.3.2 Partículas | |
| 3.10.3.3 Gases sulfurosos | |
| 3.10.4 Nivel de inmisiones | |
| 3.11 BAHIA DE ALGECIRAS | 184 |
| 3.11.1 Descripción | |
| 3.11.2 Combustibles de diseño | |
| 3.11.3 Fuentes de suministro | |
| 3.11.4 Nivel de emisiones | |
| 3.11.4.1 Humos | |
| 3.11.4.2 Partículas | |
| 3.11.4.3 Gases sulfurosos | |
| 3.11.5 Nivel de inmisiones | |
| 4. CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON LIGNITO NEGRO | 197 |
| 4.1 TERUEL | 199 |
| 4.1.1 Descripción | |
| 4.1.2 Cuenca carbonífera | |
| 4.1.3 Carbón de diseño | |
| 4.1.4 Combustibles consumidos | |
| 4.1.5 Nivel de emisiones | |
| 4.1.5.1 Humos | |
| 4.1.5.2 Partículas | |
| 4.1.5.3 Gases sulfurosos | |
| 4.1.6 Nivel de inmisiones | |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.2 | S E R C H S | 227 |
| 4.2.1 | Descripción | |
| 4.2.2 | Combustibles de diseño | |
| 4.2.3 | Combustibles consumidos | |
| 4.2.4 | Nivel de emisiones | |
| 4.2.4.1 | Humos | |
| 4.2.4.2 | Partículas | |
| 4.2.4.3 | Gases sulfurosos | |
| 4.2.5 | Nivel de inmisiones | |
| 4.3 | A L C U D I A | 240 |
| 4.3.1 | Descripción | |
| 4.3.2 | Cuenca carbonífera | |
| 4.3.3 | Combustibles de diseño | |
| 4.3.4 | Combustibles consumidos | |
| 4.3.5 | Nivel de emisiones | |
| 4.3.5.1 | Humos | |
| 4.3.5.2 | Partículas | |
| 4.3.5.3 | Gases sulfurosos | |
| 4.3.6 | Nivel de inmisiones | |
| 5. | CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON LIGNITO PARDO | 259 |
| 5.1 | PUENTES | 260 |
| 5.1.1 | Descripción | |
| 5.1.2 | Cuenca carbonífera | |
| 5.1.3 | Combustibles de diseño | |
| 5.1.4 | Combustibles consumidos | |
| 5.1.5 | Nivel de emisiones | |
| 5.1.5.1 | Humos | |
| 5.1.5.2 | Partículas | |
| 5.1.5.3 | Gases sulfurosos | |
| 5.1.6 | Nivel de inmisiones | |

| | <u>Página</u> |
|----------------------------------|---------------|
| 5.2 MEIRAMA | 284 |
| 5.2.1 Descripción | |
| 5.2.2 Cuenca carbonífera | |
| 5.2.3 Combustibles de diseño | |
| 5.2.4 Combustibles consumidos | |
| 5.2.5 Nivel de emisiones | |
| 5.2.5.1 Humos | |
| 5.2.5.2 Partículas | |
| 5.2.5.3 Gases sulfurosos | |
| 5.2.6 Nivel de inmisiones | |
| | |
| 6. C O N C L U S I O N E S | 302 |

APENDICE - Tecnologías de desulfuración de humos en centrales térmicas.

RELACION DE PLANOS

| | | | | | |
|-------|----|---|------------------------------|-----|----------------------------------|
| PLANO | 1 | - | C.T. ABOÑO | - | Emplazamiento |
| " | 2 | - | " " | - | Red de sensores |
| " | 3 | - | C.T. SOTO DE RIBERA | - | Emplazamiento - General |
| " | 4 | - | " " | " | Emplazamiento - Detalle |
| " | 5 | - | " " | " | Red de sensores |
| " | 6 | - | C.T. L A D A | - | Emplazamiento |
| " | 7 | - | C.T. NARCEA | - | Emplazamiento |
| " | 8 | - | " " | - | Subcuencas mineras |
| " | 9 | - | " " | - | Red de sensores |
| " | 10 | - | C.T. ANLLARES | - | Emplazamiento |
| " | 11 | - | " " | - | Distribución radial de población |
| " | 12 | - | C.T. COMPOSTILLA II | - | Emplazamiento |
| " | 13 | - | " " | - | Distribución radial de población |
| " | 14 | - | C.T. LA ROBLA | - | Emplazamiento - General |
| " | 15 | - | " " | - | Emplazamiento - Detalle |
| " | 16 | - | " " | - | Subcuencas mineras |
| " | 17 | - | " " | - | Area 18 km de radio |
| " | 18 | - | " " | - | Red de sensores |
| " | 19 | - | C.T. VELILLA DEL RIO CARRION | - | Emplazamiento - Detalle |
| " | 20 | - | " " | " " | Red de mediciones realizadas |
| " | 21 | - | " " | " " | Localidades afectadas |
| " | 22 | - | C.T. PUENTE NUEVO | - | Emplazamiento |
| " | 23 | - | " " | " | Red de sensores |
| " | 24 | - | C.T. CARBONERAS | - | Emplazamiento |
| " | 25 | - | " " | - | Central y puerto |

| | | | | | |
|-------|----|---|-------------------------|---|----------------------------------|
| PLANO | 26 | - | C.T. BAHIA DE ALGECIRAS | - | Emplazamiento |
| " | 27 | - | " " | " | - Llegada carbón por carretera |
| " | 28 | - | " " | " | - Llegada carbón por ferrocarril |
| " | 29 | - | " " | " | - Distribución de población |
| " | 30 | - | C.T. TERUEL | - | Emplazamiento - Elección |
| " | 31 | - | " " | - | Emplazamiento - General |
| " | 32 | - | " " | - | Sondeos del criadero |
| " | 33 | - | " " | - | Localización de las reservas |
| " | 34 | - | " " | - | Red de sensores |
| " | 35 | - | " " | - | Red de sensores - Lecturas 1983 |
| " | 36 | - | " " | - | Red de sensores ampliada |
| " | 37 | - | C.T. SERCHS | - | Emplazamiento - General |
| " | 38 | - | " " | - | Emplazamiento - Detalle |
| " | 39 | - | C.T. ALCUDIA | - | Emplazamiento |
| " | 40 | - | " " | - | Subcuencas mineras |
| " | 41 | - | " " | - | Puntos observación inmisiones |
| " | 42 | - | C.T. PUENTES | - | Emplazamiento - General |
| " | 43 | - | " " | - | Perspectiva |
| " | 44 | - | " " | - | Contorno del yacimiento |
| " | 45 | - | " " | - | Afloramientos sin recubrimiento |
| " | 46 | - | " " | - | Sección Este-Oeste del criadero |
| " | 47 | - | " " | - | Red de sensores - Esquema |
| " | 48 | - | " " | - | Red de sensores - Emplazamiento |
| " | 49 | - | C.T. MEIRAMA | - | Emplazamiento - General |
| " | 50 | - | " " | - | Central, mina y embalse |
| " | 51 | - | " " | - | Alineaciones de sondeos |
| " | 52 | - | " " | - | Zonas del criadero. |

RELACION DE CUADROS

| | | | | | | |
|--------|----|---|---------------------|---|---|------------------------------------|
| CUADRO | 1 | - | C.T. ABOÑO | - | Carbones adquiridos | |
| " | 2 | - | " " | - | Carbones consumidos | |
| " | 3 | - | " " | - | Gases siderúrgicos consumidos | |
| " | 4 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos | |
| " | 5 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 | |
| CUADRO | 6 | - | C.T. SOTO DE RIBERA | - | Carbones adquiridos | |
| " | 7 | - | " " | " | - | Carbones consumidos |
| " | 8 | - | " " | " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " | 9 | - | " " | " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO | 10 | - | C.T. L A D A | - | Carbones adquiridos | |
| " | 11 | - | " " | - | Carbones consumidos | |
| " | 12 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos | |
| " | 13 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 | |
| CUADRO | 14 | - | C.T. MARCEA | - | Carbones adquiridos | |
| " | 15 | - | " " | - | Carbones consumidos | |
| " | 16 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos | |
| " | 17 | - | " " | - | Condiciones de emisión del Proyecto | |
| " | 18 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 | |
| CUADRO | 19 | - | C.T. ANLLARES | - | Carbones adquiridos | |
| " | 20 | - | " " | - | Carbones consumidos | |
| " | 21 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos | |
| " | 22 | - | " " | - | Cálculo combustión Proyecto. Aire en exceso 0 % | |
| " | 23 | - | " " | - | Cálculo combustión Proyecto. Aire en exceso 25 % | |
| " | 24 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1983 | |
| CUADRO | 25 | - | C.T. COMPOSTILLA II | - | Carbones adquiridos | |
| " | 26 | - | " " | - | Carbones consumidos | |
| " | 27 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos | |

| | | | | |
|-----------|---|------------------------------|---|---------------------------------------|
| CUADRO 28 | - | C.T. COMPOSTILLA II | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| " 29 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 30 | - | C.T. LA ROBLA | - | Carbones adquiridos |
| " 31 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 32 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 33 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 34 | - | C.T. VELILLA DEL RIO CARRION | - | Carbones adquiridos |
| " 35 | - | " " " | - | Carbones consumidos |
| " 36 | - | " " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 37 | - | " " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 38 | - | C.T. PUENTE NUEVO | - | Cubicaciones |
| " 39 | - | " " " | - | Carbones adquiridos |
| " 40 | - | " " " | - | Carbones consumidos |
| " 41 | - | " " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 42 | - | " " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 43 | - | C.T. BAHIA DE ALGECIRAS | - | Carbones importación |
| " 44 | - | " " " | - | Cálculos de combustión |
| CUADRO 45 | - | C.T. TERUEL | - | Carbones adquiridos |
| " 46 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 47 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 48 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 49 | - | C.T. SERCHS | - | Carbones adquiridos |
| " 50 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 51 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 52 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| CUADRO 53 | - | C.T. ALCUDIA | - | Características explotaciones mineras |
| " 54 | - | " " | - | Plan de producciones |
| " 55 | - | " " | - | Análisis del carbón |

| | | | | |
|-----------|---|---------------|---|--|
| CUADRO 56 | - | C.T. ALCUDIA | - | Carbones adquiridos |
| " 57 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 58 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 59 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| | | | | |
| CUADRO 60 | - | C.T. PUENTES | - | Cuadro de cubicación |
| " 61 | - | " " | - | Carbones adquiridos |
| " 62 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 63 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 64 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982 |
| " 65 | - | " " | - | Contaminación - Estaciones de vigilancia |
| " 66 | - | " " | - | Contaminación - Estaciones de vigilancia |
| | | | | |
| CUADRO 67 | - | C.T. MEIRALLA | - | Carbones adquiridos |
| " 68 | - | " " | - | Carbones consumidos |
| " 69 | - | " " | - | Combustibles líquidos consumidos |
| " 70 | - | " " | - | Datos correspondientes al año 1982. |

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objeto preparar una base de datos tan amplia como sea posible, de aquellas características de las centrales térmicas españolas que se alimentan básicamente con carbón, que pueda servir de apoyo a posteriores estudios sobre el volumen y naturaleza de sus emisiones gaseosas y su influencia en el medio ambiente.

La documentación disponible ha sido abundante y variada, aunque no siempre queden recogidas en ella series históricas completas sobre análisis elementales de los combustibles empleados, en particular sobre su contenido en azufre.

En la exposición se ha adoptado el criterio de agrupar las centrales según la naturaleza del combustible que constituye su fuente básica de alimentación. Por ello se estudian por separado los casos de once centrales consumidoras de hullas o antracitas; tres de centrales consumidoras de lignito negro; y dos de centrales que consumen lignito pardo.

Para cada uno de estos tipos de centrales se ha dispuesto de la información contenida en sus respectivos proyectos de construcción que hacen referencia a su emplazamiento, potencia, características del carbón de diseño y en algunos casos a la naturaleza del criadero de carbón que las alimenta.

También se han obtenido en estas Memorias los datos relativos a los sistemas de depuración de gases disponibles y red de observación de inmisiones empleadas en los cálculos o proyectada para el futuro.

Los partes anuales de OFICO han permitido preparar la serie histórica 1976-83, de las cantidades y tipos de carbones adquiridos y consumidos por cada una de las centrales y de sus análisis inmediatos.

Asimismo los partes de este organismo permiten establecer las series históricas de consumos de gases de centrales de carbón que también reciben estos combustibles complementarios.

La serie sobre análisis de azufre de los carbones consumidos es corta y se reduce a los datos que a partir de 1980 hacen constar las mismas empresas en los cuestionarios sobre Efluvios Gaseosos de Centrales Eléctricas, preparados por la Subdirección General de Energía Eléctrica.

Los consumos de los combustibles líquidos están tomados de las estadísticas del Instituto Nacional de Hidrocarburos.

Como complemento a esta exposición se añade un Apéndice en el que se recoge información diversa sobre Tecnologías de Desulfuración de Humos en Centrales Térmicas.

2. VALORACION DE EMISIONES

Las disposiciones vigentes sobre emisiones exigen el controlar separadamente las llamadas emisiones de partículas y las de anhídrido sulfuroso SO_2 .

Para las primeras, los límites se expresan en mg/m^3N de los gases que salen por la chimenea, y que, a partir del año 1980, son los siguientes para centrales térmicas de mediana y gran potencia.

| Potencia grupo o central | Nivel de emisiones de partículas sólidas mg/m^3N |
|--------------------------|--|
| Entre 50 y 200 Mw | 200 |
| Mayor de 200 Mw | 150 |

Sin embargo, las centrales que se vean precisadas a quemar carbones de baja calidad, con muy alto contenido en azufre (superior al 1,5 %) o en cenizas (superior al 20 %) deberán cumplir unos niveles de emisión específicos que en cada caso serán recogidos en este estudio.

Para las emisiones de SO_2 se establecen dos límites, también revisables. Para aquellas centrales que queman hullas y antracitas la emisión no podrá exceder de $2.400 mg/m^3N$ de humos, y en aquellas que consuman lignitos, el límite de emisión máximo será de $9.000 mg/m^3N$.

En este trabajo y con objeto de hacer un estudio homogéneo de las emisiones de las diferentes centrales, se ha tomado el año 1982, como año de referencia para todos ellos, aunque este supuesto es objeto de un comentario particularizado sobre sus condiciones futuras.

Como las disposiciones sobre nivel de emisiones valoran éstas en pesos por m^3 de gases lanzados a la atmósfera, se hace preciso emplear técnicas operativas comunes para establecer los cuadros de emisiones tanto en peso como en volumen.

Se debe tener en cuenta que todas las centrales térmicas alimentadas con carbón consumen una proporción mayor o menor de combustibles líquidos, no sólo para las operaciones de arranque sino también para la cobertura y estabilización de cargas. Por no hacer excesivamente prolijo este estudio se considera que, aparte de las pequeñas aportaciones de gasoleo de arranque, el combustible de asistencia comúnmente empleado será el Fuel pesado nº 2.

Por último, como las centrales que consumen gas son la excepción, no se generaliza el tratamiento de la combustión de estos gases, sino que serán objeto de un cálculo particularizado.

En los combustibles sólidos se supone conocido el análisis elemental ponderal sobre muestra seca expresado en tanto por uno o por ciento. También se conoce la humedad del carbón según entra en central.

La nomenclatura empleada es la siguiente:

| | | | |
|-----------|-----------|---|---|
| Carbono | P_c | } | = |
| Hidrógeno | P_{H_2} | } | |
| Oxígeno | P_{O_2} | } | |
| Nitrógeno | P_{N_2} | } | |
| Azufre | P_s | } | |
| Cenizas | P_A | } | |
| Humedad | F | } | |

Se supone que las proporciones de oxígeno y nitrógeno en el aire sean las siguientes:

| | <u>Oxígeno</u> | <u>Nitrógeno</u> |
|------------|----------------|------------------|
| En peso | 23 | 77 |
| En volumen | 21 | 79 |

El exceso de aire de la combustión se expresa por el número n , como relación entre el aire empleado y el aire necesario.

Los componentes de los humos que en cada caso se calcularán serán los siguientes:

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Anhídrido carbónico | (CO ₂) |
| Anhídrido sulfuroso | (SO ₂) |
| Oxígeno | (O ₂) |
| Agua | (H ₂ O) |
| Nitrógeno | (N ₂) |
| Cenizas volantes | C.V. |

Cálculo del CO₂ en los humos

Contenido en peso: $P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot P_C$ kg CO₂/kg carbón seco.

Contenido en volumen: $V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot P_C$ m³ CO₂/kg carbón seco.

Cálculo del SO₂ de los humos

Contenido en peso: $P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot P_S$ kg SO₂/kg carbón seco.

Contenido en volumen: $V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot P_S$ m³ SO₂/kg carbón seco

Cálculo del O₂ en los humos

Contenido en peso:

O₂ aporta: $(\frac{32}{12} \cdot P_C + \frac{32}{32} \cdot P_S + \frac{16}{2} \cdot P_{H_2} - P_{O_2})$ kg/kg carbón seco.

Como se trabaja con un exceso de aire de combustión n, el oxígeno sin combinar que se escapa a la atmósfera será:

$P_{O_2} = O_2 \text{ aporta} \cdot (n - 1)$ kg O₂/kg carbón seco.

Contenido en volumen:

$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot O_2 \text{ aporta} (n - 1)$ m³/kg carbón seco.

Cálculo del H₂O en los humos

Por no ser representativa, se prescinde de la humedad en el aire de combustión.

Contenido en peso:

Agua aportada por el combustible: F kg H₂O corregida a carbón seco.

Agua producto de la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot P_{H_2} = \text{kg H}_2\text{O}$$

$$P_{H_2O} = (F + 9 P_{H_2}) \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

Contenido en volumen:

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot (F + 9 P_{H_2}) \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg carbón seco}$$

Cálculo de N₂ en los humos

Contenido en peso:

$$P_{N_2} = P_{N_2} + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot O_2 \text{ aporta Kg N}_2\text{/kg carbón seco.}$$

Contenido en volumen:

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot P_{N_2}$$

Cenizas totales

$$P_A \text{ kg/kg carbón seco.}$$

En los combustibles líquidos la marcha será similar, y sólo se hará una vez para la primera de las centrales del estudio.

3. CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON HULLA O ANTRACITA

Son once las centrales que constituyen este grupo. De ellas cuatro, Aboño, Soto de Ribera, Lada y Narcea se encuentran en Asturias. Las tres primeras consumen hullas nacionales, aunque la primera alguna vez ha empleado hulla de importación y de modo regular consume también algo de antracita de León y gas siderúrgico. La cuarta sólo consume antracitas nacionales.

En la provincia de León se encuentran las centrales de Anllares, Compostilla II y La Robla. Las tres consumen mezclas de antracitas y hullas bajas de volátiles.

La central de Velilla del Río Carrión, situada en la provincia de Palencia, consume antracita de su provincia y hullas bajas de volátiles de la provincia de León.

La central de Puente Nuevo está en la provincia de Córdoba y en ella se venían consumiendo antracitas y hullas nacionales de la cuenca de Peñarroya, que durante varios años se reforzaron con hullas de importación. En la actualidad estas últimas han sido reemplazadas por hullas obtenidas en explotaciones a cielo abierto de la de la cuenca de Puertollano.

La central de Carboneras se está montando en la provincia de Almería y en principio estaba proyectada para funcionar con carbón importado, pero aún está por decidir si así se hará definitivamente o si se emplearán también carbones nacionales.

En la central de ^{Los Barrios} ~~los Barrios~~, situada en el Campo de Gibraltar, no se trata de montar un grupo nuevo, sino de reconvertir a carbón el más pequeño de los actuales.

Quedan fuera de este trabajo las centrales de Puertollano y Pasajes. La primera quema hulla nacional de la explotación a cielo abierto recientemente abierta en esta cuenca y fuel de la próxima refinería, y la segunda quema hullas nacionales relativamente bajas de cenizas juntamente con hullas importadas.

3.1 ABOÑO

3.1.1 Descripción

La central térmica se halla en el término municipal de Carreño, provincia de Asturias, y está ubicada en la margen derecha de la ría de Aboño, que ha sido canalizada desde su confluencia con el río Perve-
ra, y dista 1,5 km aproximadamente de la playa de Aboño, 2 km del puerto de El Musel y unos 5 km de la villa de Gijón. El acceso a la central por carretera se encuentra en el punto kilométrico 75,2 de la N-632, tramo Ribadesella a Carreño.(PLANO 1)

La central, que es propiedad de Hidroeléctrica del Cantábrico, tiene ya en servicio un grupo de 360 Mw, unidad Aboño 1, cuya caldera está diseñada para quemar carbón, gas de horno alto o gas de batería, procedentes estos dos últimos de la Factoría de ENSIDESA en Veriña y que son recibidos por medio de gasoductos.

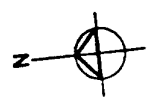
El nuevo grupo, unidad Aboño 2, irá colocado al lado del actual. Su caldera es de Foster Wheeler y será capaz de producir 1.723,65 t/h de vapor a 175 kg/cm² y 540 °C. El turboalternador es un Brown Boveri, capaz para una potencia continua 543 Mw, y vapor de entrada a 166,5 bar y 537,8 °C. Ambos se fabrican en régimen mixto con la Maquinista Terrestre y Marítima.

Para apoyar la combustión, la nueva caldera utilizará fueloil en aquellos regímenes de funcionamiento en que sea preciso.

La salida de humos será independiente de la del grupo actual, que tiene una chimenea de 175 metros de altura. La altura de la nueva chimenea será de 205,70 metros con un diámetro interior de 6,15 metros.

Como agua de refrigeración principal se usará la de la mar, tomada en el puerto de El Musel y conducida, a través del sistema de captación por tubería ya existente, hasta la cámara de entrada de un túnel de unos 1.200 metros de longitud, desde el que por tubería se mandará al condensador de la nueva unidad.

MAR CANTABRICO



CABO DE PEÑAS

RIA DE AVILES

RIA DE ABONO

RIA DE VILAVICIOSA

RIA DE PRAVIA

CABO TORRES
CENTRAL TERMICA

Rio Pizcuadras

Rio Valdidos

RIO NARCEA

Luanco

Candás

Aviles

Gijón

Vilaviciosa

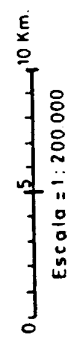
Pravia

Pola de Siero

Noreña

Lugones

OVIEDO



La central ha sido concebida para quemar carbón y gases siderúrgicos. El 60 % del primer combustible procederá de minas asturianas de los Municipios de Langreo, Siero y Gijón, que no tienen características adecuadas para la producción de coques siderúrgicos, aunque algunas veces se utilicen como mezclas. El resto procederá de la zona de La Robla (León) o bien, en caso de un descenso en estos últimos suministros o excesivo aumento de las cenizas, se podrán utilizar carbones de importación. En todo caso y para tener un margen de garantía la caldera está diseñada para poder funcionar con carbones que tengan hasta un contenido de 34 % de cenizas sobre muestra seca.

El carbón llega al parque de almacenamiento, que tiene una capacidad de 350 mil toneladas, por medio de vagones de ferrocarril RENFE o FEVE, y el poco carbón de importación recibido se ha transportado, hasta ahora, desde el puerto de El Musel con camiones. En caso de que la política carbonera permitiera incrementar las importaciones, se tiene estudiado el enlace de la central con el puerto por medio de cinta transportadora.

El gas de horno alto procedente de Veriña llega por un gasoducto de 2,8 m de diámetro, y es almacenado en un gasómetro de 40 mil metros cúbicos de capacidad útil.

El gas de batería llega por un gasoducto de 1,0 m de diámetro y se consume directamente a su llegada.

Para el subsistema de fueloil de carga y estabilización se dispone de un tanque general de 22 mil toneladas de capacidad, del que pasa a un tanque de consumo diario de 2 mil toneladas de capacidad.

Para el diesel-oil de encendido se dispone también de un depósito enterrado.

La caldera admite cualquier combinación posible entre los cuatro combustibles enumerados, dentro de los siguientes límites de carga:

| | | <u>% Carga</u> |
|-------------------|----------------------------|----------------|
| Carbón | 276,2 t/h | 100 |
| Gas de horno alto | 360.000 m ³ N/h | 23 |
| Gas de coque | 30.000 m ³ N/h | 12 |
| Fueloíl de carga | 88,0 t/h | 70 |

El fueloíl, gasoleo y gas de coque se queman en los propios quemadores de carbón.

3.1.2 Combustibles de diseño

El análisis inmediato para la media de carbones, que se ha previsto, es el siguiente:

| | <u>% en peso</u> |
|---------------------------------|------------------|
| Humedad | 15 |
| Carbono fijo | 36 |
| Volátiles | 19 |
| Cenizas | 30 |
| Poder calorífico superior | 4.360 kcal/kg |

El análisis elemental de esta misma media de carbones es el siguiente:

| | <u>% en peso</u> | |
|-----------------------------------|------------------|----------------|
| | <u>s. húmedo</u> | <u>s. seco</u> |
| Carbono (C) | 44,5 | 52,4 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,8 | 3,3 |
| Oxígeno (O ₂) | 5,8 | 6,8 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,9 | 1,0 |
| Azufre (S) | 1,0 | 1,2 |
| Humedad (H ₂ O) | 15,0 | - |
| Cenizas | 30,0 | 35,3 |

Las cenizas, subproducto de la combustión, responden al siguiente análisis:

| | <u>‰ en peso</u> |
|---|------------------|
| Sílice (Si O ₂) | 48,0 |
| Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃) | 9,0 |
| Oxido de aluminio-hierro (R ₂ O ₃) | 33,0 |
| Cal (Ca O) | 4,0 |
| Magnesia (Mg O) | 1,4 |
| Azufre fijo (S) | 1,0 |
| Oxido de potasio (K ₂ O) | 3,0 |
| Oxido de sodio (Na ₂ O) | 0,6 |

El análisis elemental del gas de horno alto, es el siguiente:

| | <u>‰ en volumen</u> |
|---|---------------------|
| Hidrógeno (H ₂) | 4,0 |
| Monóxido de carbono (CO) | 22,5 |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | 16,0 |
| Nitrógeno (N ₂) | 57,5 |
| Agua (H ₂ O) | 2,5 ‰ en peso |
| Poder calorífico superior | 800,0 kcal/kg |

El análisis elemental del gas de batería es el siguiente:

| | <u>‰ en volumen</u> |
|---------------------------------|---------------------|
| Hidrógeno | 61,0 |
| Oxígeno | 0,5 |
| Monóxido de carbono | 6,0 |
| Dióxido de carbono | 5,0 |
| Metano | 25,0 |
| Nitrógeno | 2,5 |
| Poder calorífico superior | 5.000,0 kcal/kg |

El fueloil consumido es el pesado nº 2 de Campsa.

El gasoleo empleado es el tipo C de Campsa.

Otros datos sobre consumos y caudales, que en el Proyecto de la central se han tomado como base para calcular los gases de combustión correspondientes al Grupo 2, suponiendo que éste quema sólo carbón y fun

cionando a plena carga, lo que plantea las condiciones más contaminantes, son los siguientes:

| | |
|--|--------------------------------|
| Consumo de carbón | 276.300 kg/h |
| Caudal de gases | 1.748.426,8 m ³ N/h |
| Chimenea: | |
| Altura | 205,70 m |
| Temperatura gases al pie | 115,5 °C |
| Gradiente pérdida temperatura | 0,07 °m |
| Densidad de gases | 1,312 kg/m ³ N |
| Caudal de SO ₂ por chimenea | 3.868,2 kg/h |
| Caudal de partículas por chimenea | 298,4 kg/h |
| Nivel de emisión de SO ₂ | 2.212 mg/m ³ N |
| Nivel de emisión de partículas | 142 mg/m ³ N |

El nivel de emisión del SO₂ es el correspondiente al contenido en azufre del carbón, una vez descontado el que queda retenido en las cenizas.

El nivel de emisión de partículas se ha obtenido a partir de un rendimiento del 99'8 % en el precipitador electrostático, y suponiendo que al mismo sólo llega el 75 % de las generadas en la combustión.

La composición de los gases de combustión se resume en el siguiente cuadro:

| Componente | Peso kg / kg carbón | % en peso | Volumen m ³ N/kg. carbón | % en volumen |
|------------------|---------------------------|--------------|---|-----------------|
| CO ₂ | 1,578 | 19,00 | 0,803 | 12,590 |
| H ₂ O | 0,538 | 6,48 | 0,669 | 10,490 |
| N ₂ | 5,760 | 69,36 | 4,608 | 72,300 |
| SO ₂ | 0,014 | 0,17 | 0,005 | 0,078 |
| O ₂ | 0,414 | 4,99 | 0,289 | 4,534 |
| TOTAL | 8,304 | - | 6,374 | - |

Los datos utilizados relativos al grupo 1, funcionando a plena carga y quemando sólo carbón son los siguientes:

| | |
|---------------------------------|---|
| Consumo de carbón | 188.000 kg/h |
| Caudal de gases | 1.850 . 10 ³ m ³ /h |
| Caudal de SO ₂ | 2.632 kg/h |
| Caudal de cenizas | 451 kg/h. |
| Chimenea: | |
| Altura | 175 m |
| Temperatura gases al pie | 120 °C. |

3.1.3 Combustibles consumidos

En el Cuadro 1 se puede ver la evolución de las compras de carbón realizadas por esta central durante los últimos ocho años, y en el Cuadro 2, la evolución de los consumos de las mezclas de hullas y antracitas. Se aprecia en ella la total desaparición de las hullas de importación y un ligero descenso en el empleo de antracitas. Sin embargo, por tratarse de datos que sólo corresponden al funcionamiento del grupo 1 de 360 Mw, es mas que probable que en el futuro se tenga que recurrir a un mayor consumo de antracita, y si por falta de oferta nacional esto no es posible, habrán de importarse hullas o reforzar el consumo de fueloil.

Los consumos de gases siderúrgicos figuran en el Cuadro 3, y en él se ve que las entregas han llegado a ser el año 1981, equivalentes a 300 mil toneladas del carbón de la potencia calorífica media ese año consumido. Se aprecia, sin embargo, un fuerte descenso en las entregas el último año, debido tal vez a reajustes de la propia planta siderúrgica suministradora.

En el Cuadro 4 se recoge la evolución de las entregas de fuel pesado nº 2 de Campsa, que se mantienen sensiblemente constantes durante los últimos años.

3.1.4 Nivel de emisiones

Aunque este trabajo tenga por objeto dedicar una especial atención a las emisiones de partículas y gases sulfurados de las centrales, cree

C U A D R O 1

CENTRAL TERERICA: A B O Ñ O

| A Ñ O S | Carbón Adquirido | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 13,08 | 12,87 | 11,80 | 12,20 | 11,40 | 10,70 | 10,70 | 11,20 |
| Cenizas s.m.s. % | 35,83 | 32,27 | 34,00 | 32,60 | 30,80 | 31,60 | 33,40 | 31,20 |
| Volátiles s.m.s. % | 24,59 | 20,74 | 19,31 | 21,10 | 22,20 | 21,70 | 22,90 | 23,60 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.332 | 4.675 | 4.559 | 4.659 | 4.803 | 4.790 | 4.616 | 4.749 |
| Cantidad t | 229.250 | 540.169 | 464.104 | 588.990 | 762.138 | 846.647 | 1.071.152 | 962.657 |
| <u>Antacita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 9,15 | 8,77 | 8,40 | 8,10 | 8,00 | 6,50 | 8,40 |
| Cenizas s.m.s. % | - | 21,16 | 22,54 | 21,90 | 23,30 | 22,80 | 25,00 | 24,10 |
| Volátiles s.m.s. % | - | 9,24 | 8,21 | 8,10 | 8,20 | 7,00 | 7,80 | 6,80 |
| P.C.S. Kcal/kg | - | 5.609 | 5.566 | 5.661 | 5.620 | 5.639 | 5.588 | 5.640 |
| Cantidad t | - | 24.939 | 88.221 | 94.071 | 55.808 | 43.888 | 29.942 | 3.147 |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | 8,59 | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | 16,08 | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | 29,10 | - | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | 6.094 | - | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | 264.033 | 194.534 | 132.588 | - | - | - | - |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERMICA: A B O Ñ O

Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 12,38 | 12,83 | 11,53 | 9,30 | 11,30 | 10,70 | 10,40 | 11,00 |
| Cenizas s.m.s. | 35,87 | 31,81 | 32,12 | 16,10 | 30,10 | 30,70 | 32,90 | 32,00 |
| Volátiles s.m.s. | 24,73 | 20,48 | 17,88 | 24,50 | 21,40 | 20,70 | 22,10 | 23,30 |
| P.C.S. | 4.294 | 4.746 | 4.721 | 6.259 | 4.862 | 4.860 | 4.676 | 4.706 |
| Cantidad | 215.542 | 478.015 | 560.145 | 234.265 | 809.346 | 810.445 | 847.346 | 1.044.994 |
| <u>Antracita Nacional (1)</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P.C.S. | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cantidad | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <u>Hulla importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | 8,40 | 8,00 | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. | - | - | 15,39 | 13,10 | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. | - | - | 30,61 | 32,90 | - | - | - | - |
| P.C.S. | - | 6.591 | 6.200 | 6.515 | 6.108 | 6.108 | - | - |
| Cantidad | - | 216.345 | 172.922 | 151.489 | 40.352 | 58.287 | 6.164 | - |

Fuente: O F I C O.

(1) Consumida en mezcla con la hulla.

CENTRAL TERMICA: A B O Ñ O

Gases siderúrgicos consumidos

| A Ñ O S | GAS DE HORNO ALTO | | GAS DE BATERIA | | Tns |
|---------|-------------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| | m ³ | Tns | m ³ | Tns | |
| 1975 | 1.182.797.600 | 1.005.329.135 | - | - | 1.005.329 |
| 1976 | 1.003.676.950 | 871.508.467 | - | - | 871.508.467 |
| 1977 | 885.811.388 | 716.049.863 | 67.829.961 | 349.988.292 | 1.066.038.155 |
| 1978 | 1.120.276.075 | 927.042.816 | 54.695.579 | 276.834.197 | 1.203.877.013 |
| 1979 | 1.224.094.826 | 1.239.236.297 | 31.949.045 | 161.261.435 | 1.400.497.732 |
| 1980 | 1.423.974.450 | 1.190.793.236 | 49.888.202 | 238.166.038 | 1.428.959.274 |
| 1981 | 1.539.192.438 | 1.238.408.779 | 43.009.250 | 218.829.909 | 1.457.239.688 |
| 1982 | 1.338.481.198 | 1.053.888.429 | 58.317.490 | 292.666.244 | 1.346.554.673 |
| 1983 | 558.720.716 | 405.642.995 | 42.329.325 | 210.587.356 | 616.230.331 |

Fuente: O F I C O

C U A D R O 4

CENTRAL TERMICA: A B O Ñ O

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 297.858 | 275 |
| 1975 | 194.912 | - |
| 1976 | 271.283 | - |
| 1977 | 57.671 | - |
| 1978 | 42.589 | - |
| 1979 | 35.932 | - |
| 1980 | 43.285 | - |
| 1981 | 35.618 | - |
| 1982 | 39.654 | - |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

mos que para una mayor generalización es conveniente, como se dijo anteriormente, el establecer la composición elemental de los humos producidos.

Por ello, en este apartado se subdivide la emisión en tres conceptos: Humos, Partículas, Gases sulfurosos.

3.1.4.1 Humos

Para calcular el volumen de estas emisiones, es preciso estudiar por separado en esta central, la composición de los humos resultantes de la combustión de: Carbones, Gas de horno alto, Gas de tubería, Combustibles líquidos.

a) Combustión del carbón. Según el parte anual de OFICO sobre carbones consumidos y el de efluvios gaseosos de la Subdirección General de Energía Eléctrica, los contenidos de cenizas y azufre de los carbones consumidos no coinciden con los de diseño, por lo que ha habido que reajustar los de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en la siguiente forma:

| | <u>Análisis ponderal sobre muestra seca - %</u> | |
|-----------------------------------|---|--|
| | <u>Hulla de diseño</u> <u>Memoria 1975</u> | <u>carbón consumido</u> <u>Dato elaborado</u> |
| Carbono (C) | 52,4) | 54,40) |
| Hidrógeno (H) | 3,3) | 3,42) |
| Oxígeno (O ₂) | 6,8) | 7,06) |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,0) | 1,04) |
| Azufre (S) | 1,2) | 1,18) |
| Cenizas | 35,3) | 32,90) |
| Humedad | - | 10,40) |
| | } $\Sigma = 100$ | } $\Sigma = 100$ |
| | } 1,06/0,896 | |

Siguiendo la marcha expuesta en la parte general tendremos:

CO₂ en humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,5440 = 1,995 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,5440 = 1,015 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0118 = 0,024 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0118 = 0,008 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} O_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,540 + \frac{32}{32} \cdot 0,0118 + \frac{16}{2} \cdot 0,0342 - 0,0706 \right) = \\ &= 1,655 \text{ kg O}_2/\text{kg carbono.} \end{aligned}$$

Exceso aire del 25 % :

$$P_{O_2} = 1,655 \cdot 0,25 = 0,413 \text{ k O}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,413 = 0,290 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{10,4}{89,6} = 0,116 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

Agua producto de la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0342 = 0,291 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco}$$

$$P_{H_2O} = 0,116 + 0,291 = 0,407 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,407 = 0,506 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,0104 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,655 = 6,911 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 6,961 = 5,569 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco}$$

El cuadro de composición de humos productos de la combustión de

1 kilogramo de carbón seco, es el siguiente:

| Componente | kg | % | m ³ | % |
|------------------|-------|-------|----------------|-------|
| CO ₂ | 1,995 | 20,36 | 1,015 | 13,66 |
| SO ₂ | 0,024 | 0,25 | 0,008 | 0,11 |
| H ₂ O | 0,407 | 4,15 | 0,506 | 7,00 |
| O ₂ | 0,413 | 4,21 | 0,290 | 3,00 |
| N ₂ | 6,961 | 71,03 | 5,569 | 75,00 |
| Total | 9,800 | - | 7,388 | - |

Densidad de gases: $\frac{9,800}{7,388} = 1,329 \text{ kg/m}^3$

Los resultados de este cuadro difieren de los del cuadro de humos estimado. La diferencia está en que para establecer este cuadro se ha partido del carbón seco. Naturalmente al establecer el volumen total de humos emitidos esta diferencia desaparece.

- b) Combustión del fuel. Siguiendo este mismo proceso de cálculo se puede establecer el volumen de humos generado por la combustión de 1 kilogramo de fuel pesado nº 2 de Campsa cuya composición ponderal es la siguiente:

| | <u>% en peso</u> |
|--|------------------|
| Carbono | 84,63 |
| Hidrógeno | 11,00 |
| Oxígeno | 0,50 |
| Nitrógeno | 0,25 |
| Azufre | 3,28 |
| Cenizas | 0,06 |
| Humedad, agua y sedimentos | 0,28 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 10.500 |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,8463 = 3,103 \text{ kg CO}_2/\text{kg fuel}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,8463 = 1,580 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg fuel}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0328 = 0,066 \text{ kg SO}_2/\text{kg fuel}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0328 = 0,023 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg fuel.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,8463 + \frac{32}{32} \cdot 0,0328 + \frac{16}{2} \cdot 0,11 - 0,005 \right) = \\ &= 3,165 \text{ kg O}_2/\text{kg fuel.} \end{aligned}$$

Exceso de aire del 15 %

$$P_{\text{O}_2} = 3,165 \cdot 0,15 = 0,475 \text{ kg O}_2/\text{kg fuel}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,475 = 0,332 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg fuel}$$

H₂O en humos:

Agua aportada por el combustible = 0,0028 kg H₂O/kg fuel.

Agua producida en la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,11 = 0,99 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg fuel}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0028 + 0,99 = 0,993 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg fuel}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,993 = 1,236 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg fuel}$$

N_2 en humos

$$P_{N_2} = 0,0025 + 0,77 \cdot \frac{1,15}{0,23} \cdot 3,165 = 12,188 \text{ kg } N_2/\text{kg fuel}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 12,188 = 9,750 \text{ m}^3/\text{kg fuel}$$

El cuadro de composición de gases producto de la combustión del fuel pesado nº 2 es el siguiente:

| Componente | kg/kg fuel | % | m ³ /kg fuel | % |
|------------------|------------|-------|-------------------------|-------|
| CO ₂ | 3,103 | 18,44 | 1,580 | 12,23 |
| SO ₂ | 0,066 | 0,40 | 0,023 | 0,18 |
| H ₂ O | 0,993 | 5,90 | 1,236 | 9,56 |
| O ₂ | 0,475 | 2,82 | 0,332 | 2,57 |
| N ₂ | 12,188 | 72,44 | 9,750 | 75,46 |
| TOTAL | 16,825 | - | 12,921 | - |

Densidad de gases: $\frac{16,825}{12,921} = 1,302 \text{ kg/m}^3 N.$

Esta composición de humos será la que se aplicará a los cálculos de otras centrales.

- c) Combustión del gas de horno alto. Una vez hecha la corrección del contenido de agua la composición volumétrica elemental es la siguiente:

| | <u>% en volumen</u> |
|--|---------------------|
| Hidrógeno (H ₂) | 3,8 |
| Oxido de carbono (CO) | 21,3 |
| Anhídrido carbónico (CO ₂) | 15,1 |
| Nitrógeno (N ₂) | 55,8 |
| Agua (H ₂ O) | 4,0 |

CO₂ en humos:

Aportado por el gas 0,151 m³ CO₂/m³ gas h.a.

Producido en la combustión del CO: 0,213 m³ CO₂/m³ gas h.a.

$$V_{CO_2} = 0,151 + 0,213 = 0,364 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ gas h.a.}$$

H₂O en humos:

Agua aportada por el gas 0,040 m³ H₂O/m³ gas h.a.

Agua producida en combustión de H₂: 0,038 m³ H₂O/m³ gas h.a.

$$V_{H_2O} = 0,040 + 0,038 = 0,078 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{m}^3 \text{ gas h.a.}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta: } \left(\frac{1}{2} \cdot 0,038 + \frac{1}{2} \cdot 0,213\right) = 0,126 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{m}^3 \text{ gas h.a.}$$

Se supone que el exceso de aire en la combustión sea del 10 %, por tanto el exceso de aire será: 0,013 m³ O₂/m³ gas h.a.

N₂ en humos

El nitrógeno propio del combustible es: 0,558 m³ N₂/m³ gas h.a.

El nitrógeno total será:

$$V_{N_2} = 0,558 + 0,79 \cdot \frac{0,126 \cdot 1,1}{0,21} = 1,079 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{m}^3 \text{ gas h.a.}$$

El cuadro de composición de gases producido en la combustión del gas de horno alto es el siguiente:

| <u>Componente</u> | <u>m³/m³ gas horno alto</u> |
|-------------------|---|
| CO ₂ | 0,364 |
| H ₂ O | 0,078 |
| O ₂ | 0,013 |
| N ₂ | <u>1,079</u> |
| TOTAL | <u>1,534</u> |

d) Combustión del Gas de batería

La composición volumétrica es la siguiente:

| | <u>% en volumen</u> |
|-------------------------------------|---------------------|
| Hidrógeno (H_2) | 61,0 |
| Oxígeno (O_2) | 0,5 |
| Monóxido de carbono (CO) | 6,0 |
| Dióxido de carbono (CO_2) | 5,0 |
| Metano (CH_4) | 25,0 |
| Nitrógeno (N_2) | 2,5 |

CO_2 en humos:

Aportado por el gas : $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3$ gas batería

Producido en combustión CO : $0,06 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3$ gas batería

Producido en combustión C H_2 : $0,25 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3$ gas batería

$V_{CO_2} = 0,05 + 0,06 + 0,25 = 0,36 \text{ m}^3$ de CO_2/m^3 gas batería.

H_2O en humos:

Agua producida en combustión de H_2 : $0,61 \text{ m}^3 \text{ H}_2O/\text{m}^3$ gas batería

Agua producida en combustión del C H_4 : $2 \times 0,25 = 0,50 \text{ m}^3 \text{ H}_2O/\text{m}^3$ gas batería.

$V_{H_2O} = 0,61 + 0,50 = 1,11 \text{ m}^3 \text{ H}_2O/\text{m}^3$ gas batería.

O_2 en humos:

O_2 aportado = $(\frac{1}{2} \cdot 0,61 + \frac{1}{2} \cdot 0,06 + 2 \cdot 0,25 - 0,05) =$
 $= 0,785 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{m}^3$ gas batería.

Se supone que el exceso de aire en la combustión sea del 10 %.

Exceso de aire: $0,785 \times 0,1 = 0,0785 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{m}^3$ gas batería.

N_2 en humos:

El nitrógeno propio del combustible es: $0,025 \text{ m}^3 N_2/\text{m}^3$ gas batería.

El nitrógeno total será:

$$V_{N_2} = 0,025 + 0,79 \cdot \frac{0,785 \cdot 1,1}{0,21} = 3,273 \text{ m}^3 N_2/\text{m}^3 \text{ gas batería.}$$

El cuadro de composición de gases producidos en la combustión - del gas de batería es el siguiente:

| <u>Componente</u> | <u>m^3/m^3 de gas de batería</u> |
|----------------------|---|
| CO_2 | 0,360 |
| H_2O | 1,110 |
| O_2 | 0,079 |
| N_2 | 3,273 |
| <u>TOTAL</u> | <u>4,822</u> |

3.1.4.2 Partículas

Los únicos combustibles que se deben tener en cuenta para emisión de partículas son los combustibles sólidos, pues en los gaseosos no existen en absoluto y las de los líquidos son apenas apreciables en caso de buenas combustiones como suelen ser las de las grandes centrales.

A partir de un determinado nivel de cenizas en el combustible de alimentación, es posible calcular las cenizas que salen por la chimenea, que por eso reciben el nombre de cenizas volantes.

En general se supone que las partículas más pesadas caen en el cenicero de la caldera, que parte de las arrastradas por los humos se depositan en puntos singulares de la salida de humos y que la mayor parte entran en los precipitadores de cenizas antes de alcanzar el pie de la chimenea.

Salvo advertencia en contrario, en este trabajo se supone que un 15 % de las cenizas iniciales son las que caen al cenicero, otro 5 % se deposita en la zona de economizadores de la que por soplado son enviadas a sus tolvas de almacenamiento, y el 80 % restante es el que entra en el separador.

En esta central se ha montado un depurador electrostático en dos unidades independientes que tiene un rendimiento del 99'83 % cuando se quema sólo carbón y de 99'81 % cuando la combustión es mixta. Cada unidad es capaz de tratar 3.595.000 m³/1, con una temperatura de humos de 160 °C.

En el Cuadro 5 se han recogido los datos de funcionamiento de esta central durante el año 1982.

Como el algoritmo matemático del modelo para cálculo de impactos ambientales en que se van a utilizar estos datos, se parte en una primera aproximación, de las inmisiones acumuladas que a lo largo de un año puedan derivarse de las emisiones, se ha establecido un nivel de emisión de partículas, que para el conjunto del año es de 12,13 gramos/segundo.

Este nivel de emisiones de partículas contabilizado según normas oficiales de una concentración media anual en los humos de 45,00 mg/m³N, es muy inferior a los 200 mg/m³ N autorizados a esta central.

Si por ejemplo, se supone que este Grupo 1, trabaja a plena carga con un consumo horario de 188 t/h, las concentraciones de partículas resultantes son: 26,12 gramos/segundo, y 97,05 mg/m³ N, también inferiores a lo autorizado.

3.1.4.3 Gases sulfurosos

En los partes de efluentes gaseosos, siempre se hace constar un contenido de azufre del 1 % en los carbones quemados, lo que es prueba de que no se le presta excesiva atención a este problema de emisiones sulfurosas.

CUADRO 5

CENTRAL TERMICA DE ABOÑO

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | | GRUPO I | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------|----------------|-------------|------------------|-----------|
| POTENCIA | | 360 | | | | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | Mezcla H + A | Gas horno alto | Gas batería | Fuel nº 2 pesado | Totales |
| Consumo anual combustible (1) | 10^3 t; 10^6 m ³ N | 853,510 | 1.338 | 58 | 40 | - |
| Humedad (1) | % | 10,400 | 4 | - | 0,28 | - |
| Consumo anual sobre seco | 10^3 t | 764,745 | - | - | - | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 32,900 | - | - | - | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10^3 t | 251,601 | - | - | - | - |
| 15 % Escorias | 10^3 t | 37,740 | - | - | - | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10^3 t | 12,580 | - | - | - | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10^3 t | 201,281 | - | - | - | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático (2) | % | 99,810 | - | - | - | - |
| Partículas que salen por la chimenea | kg | 382.434 | - | - | - | - |
| Emisión de partículas (3) | gr/s | 12,13 | - | - | - | 12,13 |
| Gases de combustión | m ³ N/m ³ N gas | 7,388 | 1,534 | 4,822 | 12,921 | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10^6 m ³ N | 5.649,936 | 2.052,492 | 279,676 | 516,840 | 8.498,944 |
| Caudal de humos (3) .. | m ³ N/s | 179,158 | 65,084 | 8,868 | 16,389 | 269,499 |
| Nº de chimeneas | u | | | 1 | | |
| Altura de la chimenea | m | | | 175 | | |

(1) Datos de OFICO y del IMC

(2) Corresponde al que será instalado para el Grupo 2 con combustión media carbón gas

(3) 1 año: $31.536 \cdot 10^3$ segundos.

El año 1982 se quemaron 764.745 toneladas de carbón seco con un contenido de azufre del 1,18 %, y 40.000 t de fuel con 3,28 % de azufre. Entre los dos combustibles se enviaron a la atmósfera:

$$2 (764.745 \cdot 0,0118 + 40.000 \cdot 0,0328) = 20.672 \text{ t/SO}_2$$

la emisión media en el año fué, por tanto:

$$20.672 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 655.504 \text{ mg/seg.}$$

Por tanto, la emisión por unidad de volumen fué:

$$655.504 / 269,5 = 2.432 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

concentración que queda en el umbral de las admitidas legalmente.

Para estudiar el nivel de contaminación resultante a plena carga y trabajando con otras combinaciones se hacen los siguientes supuestos:

Combustión al 100 % de carga sólo con carbón.

Combustión al 70 % de carga con carbón y al 30 % con fuel.

Combustión al 30 % de carga con carbón y el 70 % con fuel

En el funcionamiento al 100 % y plena carga con carbón de 4.360 kcal/kg se consumen según datos del proyecto 276,3 kg/h, que equivalen a 1.204.668 kcal/kg.

Un reparto de cargas al 70 % y 30 %, puesto en unidades energéticas, correspondería a 843.268 y 361.400 kcal/kg, respectivamente.

Los consumos de carbón correspondientes a estas cargas serían de 193,4 y 82,9 t/hora, respectivamente.

Los consumos de fuel de 10.500 kcal/kg, serían de 80,4 y 34,4 t/hora, respectivamente.

De acuerdo con esto se puede establecer el siguiente cuadro de cargas, en relación con sus emisiones de anhídrido sulfuroso (SO₂).

| COMBUSTIBLES | | Primer supuesto | | Segundo supuesto | | Tercer supuesto | |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | | Carbón | Fuel | Carbón | Fuel | Carbón | Fuel |
| PARTICIPACION | % | 100 | 0 | 70 | 30 | 30 | 70 |
| Consumo horario sobre seco | t | 276,3 | - | 193,4 | 34,4 | 82,9 | 80,4 |
| Azufre en combustibles | % | 1 | - | 1 | 3,28 | 1 | 3,28 |
| Azufre quemado | kg/h | 2.763 | - | 1.934 | 1.128 | 829 | 2.637 |
| SO ₂ generado(1) | kg/h | 5.526 | - | 3.868 | 2.256 | 1.658 | 5.274 |
| Gases de combustión | m ³ N/kg | 7,388 | - | 7,388 | 12,921 | 7,388 | 12,921 |
| Volumen total de gases | 10 ³ m ³ N/h | 2.041 | - | 1.429 | 444 | 612 | 1.039 |
| Emisión SO ₂ | mg/m ³ N | 2.707 | | 3.150 | | 3.748 | |

(1) Se supone que no queda nada en las cenizas.

Como se ve, cualquier solución a base de carbón y fuel rebasa los límites de 2.400 mg/m³ N de las disposiciones vigentes.

Únicamente se puede rebajar esta cifra con el empleo de gases hasta los límites máximos de carga antes indicados.

Para el gas de horno alto el límite es del 23 %. El reparto de cargas sería de 927.594 y 277.074 kcal/kg, respectivamente, y los consumos serían de 212,75 t de carbón y de 346,3 m³ de gas, que se resumen en el siguiente cuadro:

| COMBUSTIBLES | | Supuesto único | |
|-------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| | | Carbón | Gas horno alto |
| PARTICIPACION | % | 77 | 23 |
| Consumo horario | t ó m ³ | 212,7 | 346,3 |
| Azufre combustible | % | 1 | - |
| Azufre total quemado | kg/h | 2.127 | - |
| SO ₂ (1) | kg/h | 4.254 | - |
| Gases de combustión | m ³ N/kg | 7,388 | 1,534 |
| Volumen total de gases | 10 ³ m ³ N/h | 1.571 | 189 |
| Emisión SO ₂ | mg/m ³ N | 2.708 | |

(1) Se supone que no queda nada en las cenizas.

Como se ve en esta hipótesis de trabajo, tampoco se cumplen las condiciones que limiten las emisiones de SO_2 , aunque cabe hacer la reserva de que no se ha tenido en cuenta el paso a las cenizas de parte del azufre, que según ensayos de laboratorio suponen el 1 % en peso de éstas, y que para una proporción del 30 % en peso rebajarían un 30 % la proporción de azufre, que pasaría, por tanto, de ser el 0,7 % en vez del 1 %.

Si se acepta este supuesto, el contenido de SO_2 de las emisiones del cuadro carbón-fuel se rebajarían a 1.895, 2.339 y 2.936 mg/m^3 N, y la del cuadro carbón-gas h.a. bajaría a 2.084 mg/m^3 N.

En resumen, se puede decir que esta central, a plena carga, cumple difícilmente la limitación de emisiones de SO_2 a la atmósfera.

3.1.5 Nivel de inmisiones

No es objeto de este trabajo este prolijo tema, pero sí es conveniente hacer un repaso general de la atención que en el proyecto se ha prestado a este tema.

La elección de la altura de la chimenea, que actualmente se ha fijado en 205,70 metros, fué precedida de un estudio para determinar la frecuencia anual con que pueden sobrepasarse determinados niveles de concentración y determinar las situaciones atmosféricas más desfavorables de cada lugar.

Las localidades estudiadas y que corresponden a poblaciones de más de mil habitantes en un entorno de 25 kilómetros son las siguientes:

| <u>LOCALIDAD</u> | <u>SECTOR</u> | <u>DISTANCIA EN km</u> |
|------------------------|---------------|------------------------|
| 1. Gijón | ESE | 5 |
| 2. Villaviciosa | ESE | 24 |
| 3. Pola de Siero | SSE | 18 |
| 4. Noreña | S | 18 |
| 5. Oviedo | SSW | 23 |
| 6. Lugones | SSW | 19 |
| 7. Avilés | W | 17 |
| 8. Luanco | NW | 8 |
| 9. Candás | NW | 5 |

Los resultados más significativos obtenidos en el estudio fueron:

- 1 - Altura seleccionada para chimenea (215 m)
- 2 - Valores máximos de inmisión resultantes para cada dirección del viento.
- 3 - Efecto sobre las poblaciones del entorno. Curvas y máximas de inmisión.
- 4 - Probabilidad de que se supere el límite de inmisión en cada uno de los puntos estudiados.
- 5 - Inmisión media anual. Curvas de isoimisión.

Para el futuro control de las inmisiones y su contraste con los cálculos iniciales se ha proyectado una red de estaciones de medición, que figura en el Plano 2, y que dentro de un radio de acción máximo de 8 km son las siguientes:

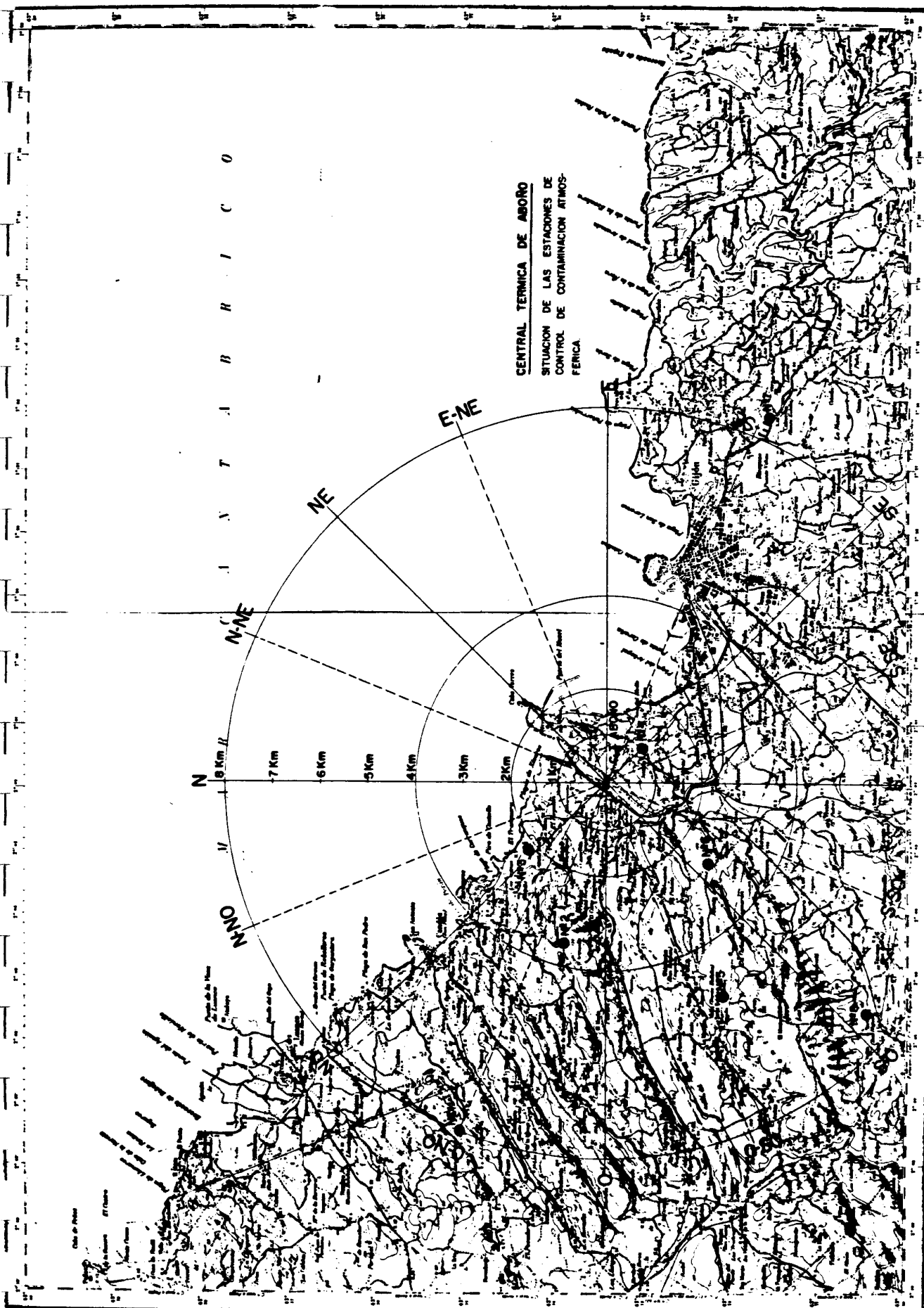
| <u>Estación</u> | <u>Denominación</u> |
|-----------------|-----------------------|
| 1 | La Llonguera |
| 2 | Monte Calera |
| 3 | Monte Moris |
| 4 | Jove de Arriba (D.I.) |
| 5 | Sienes |
| 6 | Monte Areo |
| 7 | Fontanía (D.I.) |
| 8 | Vallín |

El instrumental de cada Estación estará formado por:

- Analizador automático y continuo de SO_2 , en inmisión.
- Sistema de captación de alto volumen para partículas en suspensión.
- Sistema de captación para partículas sedimentáreas.
- Sistema de elaboración de datos con impresora digital.

GUJON

14



14

Legend:

- Line symbols for roads and paths.
- Circle symbols for various points of interest.
- Rectangular symbols for specific locations.

Scale: 1:20,000

North arrow and other orientation markers.

3.2 SOTO DE RIBERA

3.2.1 Descripción

La central térmica de Soto de Ribera, ubicada en la margen izquierda del río Nalón, inmediatamente después de su confluencia con el río Caudal, en el concejo de Ribera de Arriba (Asturias), es propiedad de las Sociedades Anónimas, Electra de Viesgo, Hidroeléctrica del Cantábrico, Compañía Eléctrica de Langreo (hoy Hidroeléctrica Española), en terceras partes iguales proindiviso (Planos 3 y 4).

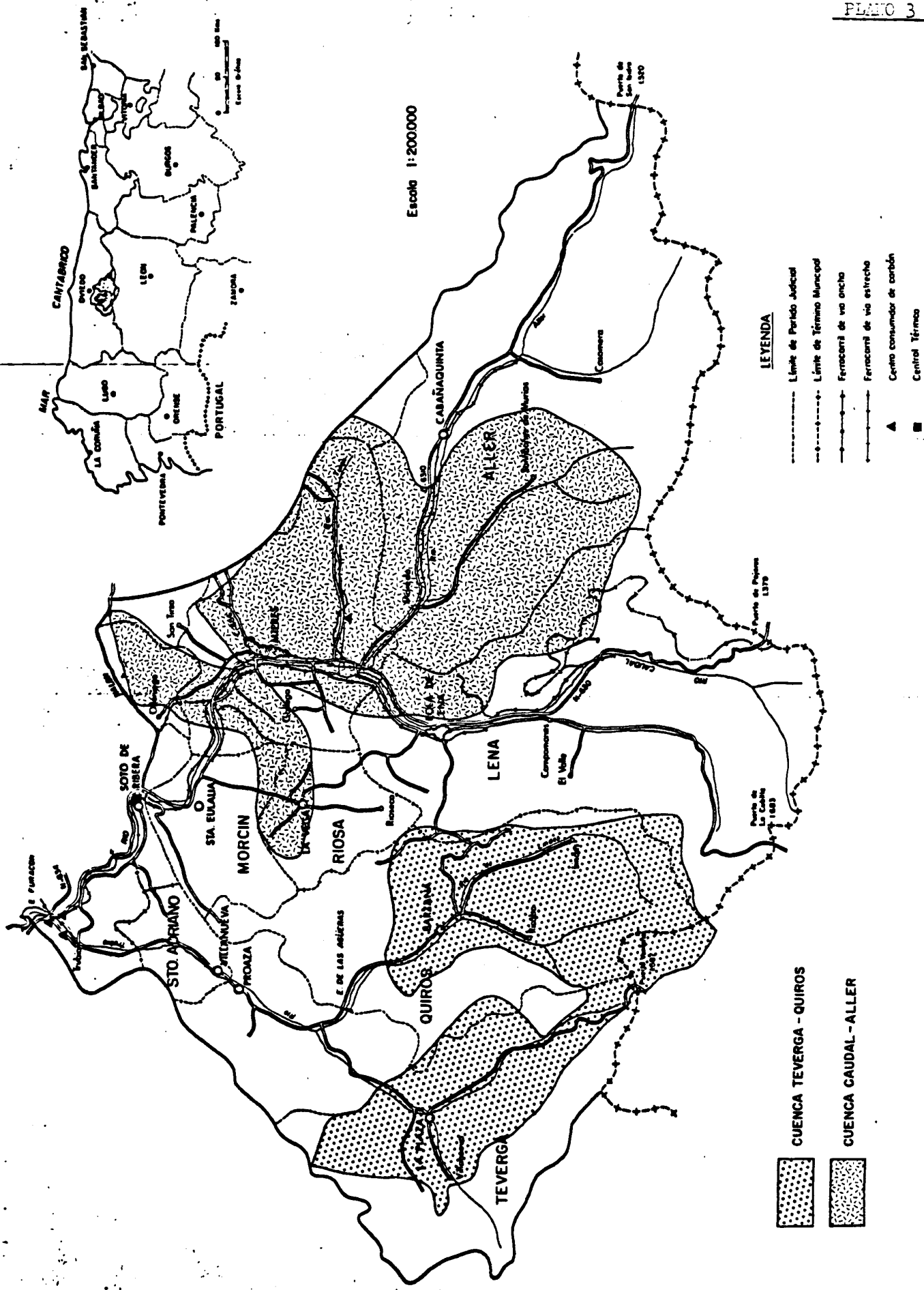
La central posee en la actualidad dos unidades generadoras. La Unidad I de 67,575 M_w que entró en servicio en mayo del año 1962 y la Unidad II de 254 M_w, puesta en servicio en septiembre de 1967.

La central, de acuerdo con la autorización de concesión, utiliza carbones pobres para la generación de energía eléctrica, entre ellos residuos de lavado de carbones coquizables, y de aprovechamientos diversos (recuperación de escombreras, finos arrastrados por las aguas de los ríos), procedentes de las cuencas mineras del Caudal, Turón, Aller y Nalón, que de otro modo no tendrían ninguna otra utilización, al menos en el volumen de su actual producción. Asimismo ha utilizado durante largos períodos de tiempo las hullas antracitosas de la cuenca leonesa de Santa Lucía-Ciñera.

De acuerdo con las estimaciones derivadas del estudio de la vida útil de estos grupos, se estimó necesaria la instalación de un nuevo grupo, la Unidad III, de menor consumo específico que la Unidad I, que puede consumir indistintamente carbones asturianos bajos de volátiles, y carbones altos de volátiles que quedarían sobrantes al pasar a la reserva la Unidad II.

Para apoyar la combustión de la nueva caldera, se utilizará fueloil en aquellos regímenes de carga que así lo exijan.

La nueva Unidad III, tipo monobloque, con una potencia de 350 M_w, queda situada en terrenos actualmente sisonibles adyacentes a la Unidad II y



LEYENDA

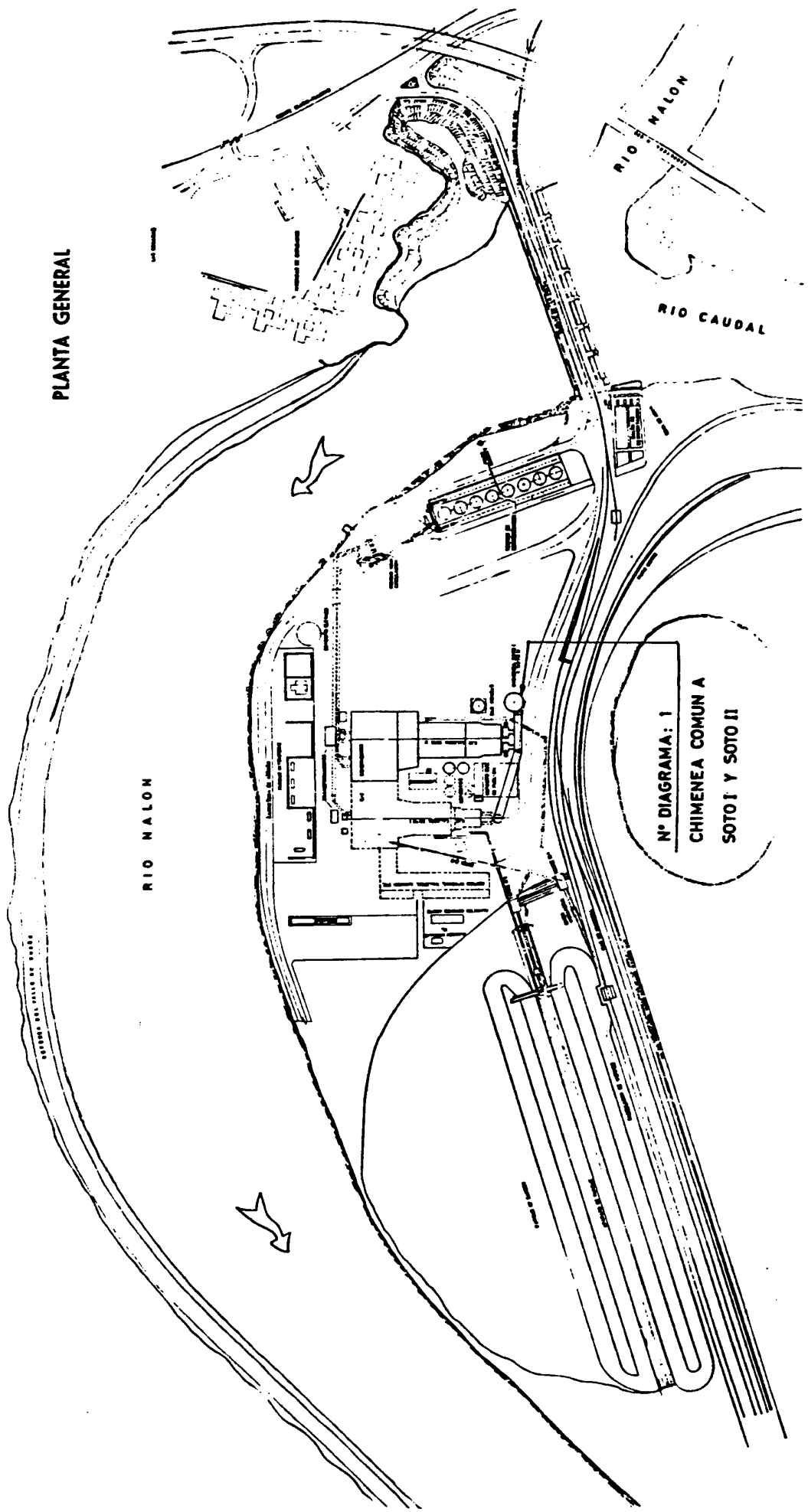
- Límite de Partido Judicial
- - - - Límite de Término Municipal
- +—+—+ Ferrocarril de vía ancha
- +—+—+ Ferrocarril de vía estrecha
- ▲ Centro consumidor de carbón
- Central Térmica

-  CUENCA TEVERGA - QUIROS
-  CUENCA CAUDAL - ALLER

1.1.2.4-3 CUENCAS MINERAS PRINCIPALES

Escala 1:200.000

PLANTA GENERAL



prevista para un funcionamiento independiente de las unidades actuales, por lo que su marcha puede simultanearse con el de éstas en caso de que las disponibilidades de carbón y la demanda de energía lo permitiesen.

La caldera será capaz de producir 1.180 t/h de vapor 176 kg/cm² y 540 °C. El turbo alternador de tipo monobloque es accionado por una turbina de bornes múltiples con entrada del vapor primario a 538 ° y 169/kg cm².

Se montará una torre de refrigeración natural de 104 m de altura, y 78 metros en la base, para un gasto 33,159 m³/segundo.

La evacuación de los humos de las dos primeras unidades se hace por una chimenea común de 137 metros de altura y 4,57 metros de diámetro interior. Para la nueva unidad se construirá una chimenea de 200 m de altura y 4,75 metros de diámetro interior.

Para el agua de refrigeración se dispone de un azud de derivación en la confluencia de los ríos Nalón y Caudal, del que, a través de rejillas, pasa a una balsa de decantación y al canal del que se toma para enviarla a los condensadores.

El carbón llega al parque de almacenamiento, que tiene una capacidad de 280.000 toneladas, por ferrocarril RENFE o FEVE y puede hacerlotar también por carretera. Ambos medios de comunicación aseguran un fácil enlace con el puerto de El Musel, por lo que, en un momento dado, también podrían utilizarse carbones importados.

Para el almacenamiento del fueloil se dispone de un tanque de 15.000 toneladas, alimentado directamente desde vagones cisternas RENFE, y también por camiones cisternas a través de un depósito subterráneo de 1.600 toneladas donde éstos descargan.

3.2.2 Combustibles de diseño

Como se ha dicho, esta nueva caldera deberá quemar mezclas de hullas bajas de volátiles de la cuenca del Aller, con otras más altas de vo-

látiles procedentes de relavados que actualmente quema la Unidad II y que quedarían sobrantes al parar esta unidad.

Por tanto, el carbón que se quema estará formado por una mezcla de mirtos, finos y schlams cuyos análisis medios son los siguientes:

Análisis inmediatos:

| | <u>% en peso</u> | <u>% Rango de variación</u> |
|--|------------------|-----------------------------|
| Humedad (en recepción) | 15 | 10 - 20 |
| Carbono fijo s/muestra seca.. | 45 | 58 - 25 |
| Volátiles s/muestra seca | 18 | 12 - 30 |
| Cenizas s/muestra seca | 37 | 30 - 45 |
| Poder calorífico superior (en recepción) | 4.300 kcal/kg | 4.950-3.460 kcal/kg |

Análisis elemental:

| | <u>% en peso</u> | <u>% Rango de variación</u> |
|------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Carbono (C) | 52,6 | 50 - 56 |
| Hidrógeno (H ₂ O) | 3,1 | 2,5 - 3,7 |
| Oxígeno (O ₂) | 5,2 | 2,4 - 7,4 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1 | 0,9 - 1,1 |
| Azufre (S) | 1,1 | 0,8 - 1,3 |
| Cenizas | 37 | 30 - 45 |

El análisis de las cenizas es el siguiente:

| | <u>% Rango de variación</u> |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Si O ₂ | 47 - 56 |
| Al ₂ O ₃ | 26 - 30 |
| Fe ₂ O ₃ | 6 - 10 |
| Mg O | 1 - 2 |
| Ca O | 1 - 3 |
| K ₂ O | 3 - 5 |
| Na ₂ O | 0,5 - 1 |
| SO ₃ | 0,2 - 1,2 |

Otros análisis de los carbones son los siguientes:

| | <u>% Rango de variación</u> |
|-----------------------|-----------------------------|
| Azufre sulfato | 0 |
| Azufre pirítico | 0,5 - 1 |
| Azufre orgánico | 0,3 - 0,6 |
| Azufre fijo | 0 - 0,2 |
| CO ₂ | 0,3 - 2 |
| Fósforo | 0,015 - 0,030 |
| Arsénico | 0,0015 - 0,0030 |
| Halógenos | 0,03 - 1 |

Como se ha dicho, en determinadas circunstancias puede ocurrir que el generador de vapor tenga que quemar carbón de importación o mezclas en cierta proporción y siempre con el carbón nacional ya descrito.

Los análisis de estos carbones serían los siguientes:

Análisis inmediato carbones importados:

| | <u>% en peso</u> | <u>% Rango de variación</u> |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Humedad (en recepción) | 8 | 5 - 10 |
| Carbono fijo s/muestra seca ... | 53 | 65 - 45 |
| Volátiles s/muestra seca | 30 | 25 - 35 |
| Cenizas s/muestra seca | 17 | 10 - 20 |
| Azufre total | 0,7 | 0,3 - 2,5 |

Fuel consumido en esta central, nº 2 de Campsa.

Los consumos de combustible esperados son los siguientes:

| | toneladas/hora | |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| | <u>50 % carga</u> | <u>100 % carga</u> |
| Carbón de diseño | 104 | 188 |
| Carbón inferior | 129 | 234 |
| Carbón superior | 90 | 164 |

El fueloil utilizado es el tipo pesado nº 2 de CALPSA de 10.500 kcal/kg, y se destina al arranque y a mejorar la estabilidad de la llama a

bajas cargas si las condiciones del carbón así lo requieren.

El gasoleo es el tipo "C" de CALPSA con el mismo poder calorífico, se emplea también en el encendido y subida de presión de la caldera.

3.2.3 Combustibles consumidos

En los Cuadros 6 y 7 figura la evolución de los carbones adquiridos y consumidos por esta central en sus Unidades I y II, en los últimos 8 años. En el Cuadro 8 se recoge la de los combustibles líquidos.

En los carbones se aprecia un consumo muy estabilizado, en cambio en el consumo de fuel, la baja a partir de 1974 ha sido muy acusada, debido sin duda a la incidencia de los precios.

3.2.4 Nivel de emisiones

Se distribuyen éstas en humos, partículas y gases sulfurosos.

3.2.4.1 Humos

En esta central sólo se queman carbones y combustibles líquidos.

a) Combustión del carbón

Haciendo el mismo reajuste por cenizas y humedad de los partes de OFICO y efluentes gaseosos con los del carbón de diseño, se calcula la composición elemental del combustible quemado.

| | <u>Carbón de diseño</u> | | <u>Carbón empleado</u> | |
|-----------------------------------|-------------------------|---------|------------------------|---------|
| | <u>Memoria 1980</u> | | <u>Dato elaborado</u> | |
| Carbono (C) | 52,6 | } = 100 | 56,80 | } = 100 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,1 | | 3,35 | |
| Oxígeno (O ₂) | 5,2 | | 5,61 | |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,0 | | 1,08 | |
| Azufre (S) | 1,1 | | 1,16 | |
| Cenizas | 37,0 | | 32,00 | |
| Humedad | | | 14,00 | |

CENTRAL TERLICA: SOTO DE RIBERA Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-----------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 14,28 | 14,52 | 14,70 | 14,80 | 14,70 | 15,00 | 14,60 | 14,50 |
| Cenizas s.m.s. | 36,70 | 33,32 | 32,76 | 33,00 | 34,00 | 32,40 | 31,90 | 31,10 |
| Volátiles s.m.s. | 21,05 | 21,12 | 20,83 | 21,60 | 21,50 | 21,90 | 21,00 | 21,20 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.305 | 4.575 | 4.632 | 4.581 | 4.509 | 4.622 | 4.714 | 4.781 |
| Cantidad t | 981.969 | 1.057.037 | 1.056.858 | 1.075.405 | 1.216.003 | 1.168.949 | 1.137.442 | 1.048.213 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERMICA: SOTO DE RIBERA Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-----------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 14,30 | 14,17 | 14,20 | 14,70 | 14,10 | 14,60 | 14,00 | 13,80 |
| Cenizas s.m.s. % | 35,60 | 33,16 | 33,00 | 32,80 | 33,90 | 32,70 | 32,00 | 31,40 |
| Volátiles s.m.s. % | 21,00 | 20,86 | 20,40 | 20,90 | 21,20 | 21,60 | 20,70 | 21,00 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.407 | 4.625 | 4.655 | 4.639 | 4.558 | 4.630 | 4.744 | 4.793 |
| Cantidad t | 966.145 | 1.045.216 | 1.149.609 | 1.016.582 | 1.190.718 | 1.190.451 | 1.101.597 | 1.086.733 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 8

CENTRAL TERMICA: SOTO DE RIVERA

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUELE -- OIL t | GASOLEO t |
|---------|-------------------|--------------|
| 1974 | 87.042 | 384 |
| 1975 | 68.433 | 330 |
| 1976 | 84.047 | 295 |
| 1977 | 34.258 | 406 |
| 1978 | 31.493 | 351 |
| 1979 | 31.134 | 446 |
| 1980 | 22.071 | 300 |
| 1981 | 18.140 | 283 |
| 1982 | 21.900 | 330 |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,568 = 2,082 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,568 = 1,060 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0116 = 0,023 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0116 = 0,008 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,5680 + \frac{32}{32} \cdot 0,0116 + \frac{16}{2} \cdot 0,0335 - 0,0561 \right) = \\ &= 1,738 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire plena carga 20 %.

$$P_{\text{O}_2} = 1,738 \cdot 0,20 = 0,348 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,348 = 0,243 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂ en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible } \frac{14}{86} = 0,163 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

Agua producto de la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,035 = 0,315 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,163 + 0,315 = 0,478 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,478 = 0,595 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,0108 + 0,77 \cdot \frac{1,2}{0,23} \cdot 1,738 = 6,993 \text{ kg } N_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 6,993 = 5,594 \text{ m}^3 N_2/\text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos será, pues:

| Componente | kg/kg carbón seco | m ³ /kg carbón seco |
|------------------|-------------------|--------------------------------|
| CO ₂ | 2,082 | 1,060 |
| SO ₂ | 0,023 | 0,008 |
| H ₂ O | 0,478 | 0,595 |
| O ₂ | 0,348 | 0,243 |
| N ₂ | 6,993 | 5,594 |
| TOTAL | 9,924 | 7,500 |

$$\text{Densidad de humos } \frac{9,924}{7,500} = 1,323 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

b) Combustión del fuel. Sirven las mismas cifras ya calculadas.

3.2.4.2 Partículas

Se aceptan los mismos repartos entre escorias y cenizas volantes, así como la proporción en que éstas entran en el precipitador electrostático.

Para la precipitación del polvo de los humos se dispone en paralelo de dos separadores mecánicos en serie con 2 electrofiltros horizontales con 5 campos electrostáticos también en serie. El rendimiento de la instalación con carbón de diseño es del 99,8 %.

En el Cuadro 9 se han recogido estos datos, que corresponden al fun-

CENTRAL TERMICA DE SOTO DE RIBERA

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | UNIDAD I | | UNIDAD II | | SUMA |
|--|----------------|------------|------------|----------|-----------|
| | HULLA NACIONAL | FUEL - OIL | FUEL - OIL | GASOLERO | |
| POTENCIA | 67.575 | | 254 | | 321,575 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 1,101.597 | 21,900 | | 0,330 | - |
| Humedad (1) | 14,06 | - | | - | - |
| Consumo anual sobre seco | 947,373 | - | | - | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 32,00 | - | | - | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 303,159 | - | | - | - |
| 15 % Escorias | 45,474 | - | | - | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 15,158 | - | | - | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 242,527 | - | | - | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 99,8 | - | | - | - |
| Particulas que salen por la chimenea | 485.055 | - | | - | - |
| Emisión de partículas (3) | 15,4 | - | | - | 15,4 |
| Gases de combustión (4) | 7,500 | | 12,921 | | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 7.105.297 | | 282.970 | | 7.388.267 |
| Caudal de humos (3) | 225,307 | | 8,973 | | 234,280 |
| Nº de chimeneas | | | 1 | | |
| Altura de la chimenea | | | 137 | | |

(1) Datos partes de OFICIO

(3) 1 año 31.536 x 10³ segundos

cionamiento de la central durante el año 1982. El nivel de emisión de partículas resultante: $15,4 \cdot 10^3 / 234,280 = 65,73 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ es inferior a la autorizada.

Con la entrada en servicio de la Unidad III, el abandono de la Unidad I y el paso a la reserva de la Unidad II, mejorarán aún estas condiciones.

Si se acepta un consumo horario a plena carga de esta nueva unidad las partículas emitidas serán:

$$\text{Partículas en peso} = 188 \cdot 10^6 \cdot 0,32 \cdot 0,8 \cdot 0,002 = 96.256 \text{ g/h}$$

$$\text{Volumen de humos} = 188 \cdot 10^3 \cdot 7,5 = 1.410.000 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

$$\text{Concentración de humos} = 96.256 \cdot 10^3 : 1.410 \cdot 10^3 = 68,27 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

A plena carga el nuevo grupo cumplirá ampliamente las condiciones legales.

3.2.4.3 Gases sulfurosos

En los partes de efluentes gaseosos de esta central siempre se hace constar el mismo contenido de azufre del 1 % sobre muestra de carbón húmedo, lo que prueba que no se le presta excesiva atención a esta emisión.

El año 1982 se quemaron 1.101.597 toneladas de carbón húmedo y 21.900 toneladas de fuel con un contenido en azufre del 3,28 %, por lo que entre los dos combustibles se enviaron a la atmósfera:

$$2 (1.101.597 \cdot 0,01 + 21.900 \cdot 0,0328) = 23.469 \text{ t/SO}_2$$

La emisión media del año fué, por tanto:

$$23.469 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 744.197 \text{ mg/Seg.}$$

Por tanto, la emisión por unidad de volumen fué de:

$$744.197 / 234,280 = 3.176 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

muy por encima de los 2.400 mg admitidos.

Sin embargo, si se acepta que un 0,2 por ciento del azufre queda retenido en forma de sulfatos, la emisión hubiera sido:

$$2 (1.101.597 \cdot 0,008 + 21.900 \cdot 0,0328) = 19.062 \text{ t SO}_2$$

es decir, sólo el 81 % de la cifra antes encontrada y, por tanto, la concentración en humos sólo hubiera sido de:

$$3.176 \cdot 0,6 = 2.540 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

que aunque es superior a la admitida, ya está muy próxima a ella.

Las cifras anteriores difieren sensiblemente de las que obtiene ASINEL en un estudio que le encomendó para las Unidades I y II la empresa, ya que los niveles por $\text{m}^3 \text{ N}$ de partículas, 330,5 mg, eran superiores a los de este trabajo, y en cambio las emisiones de SO_2 , 2.158,4 mg, - eran muy inferiores a los encontrados.

También hay notable diferencia en el volumen de gases emitidos que se cifran en 326,04 $\text{m}^3/\text{segundo}$, bastante mayor que la de este cálculo.

Como la emisión de SO_2 , contabilizada en peso, 703,75 g/segundo, es muy similar a la de este trabajo, se deduce que la diferencia nace en la estimación de volúmenes de humos.

También hay gran diferencia en la emisión de partículas que estimaban en 107,34 g/seg. Esto se debe a que en este trabajo se han utilizado los rendimientos del nuevo precipitador electrostático.

3.2.5 Nivel de inmisiones

A la vista de los resultados obtenidos en la medición de inmisiones en 272 puntos situados en 20 km a la redonda de la central, repartidos - uniformemente en las dieciseis direcciones de la rosa de los vientos con mayor densidad en los 5 km más próximos y en los que se ha considerado la contribución de los tres grupos, se prepararon unos mapas de isopletas de medias anuales de SO_2 y los de frecuencia superior al del conjunto de concentraciones que coinciden con los valores de - referencia de la calidad del aire de la normativa vigente:

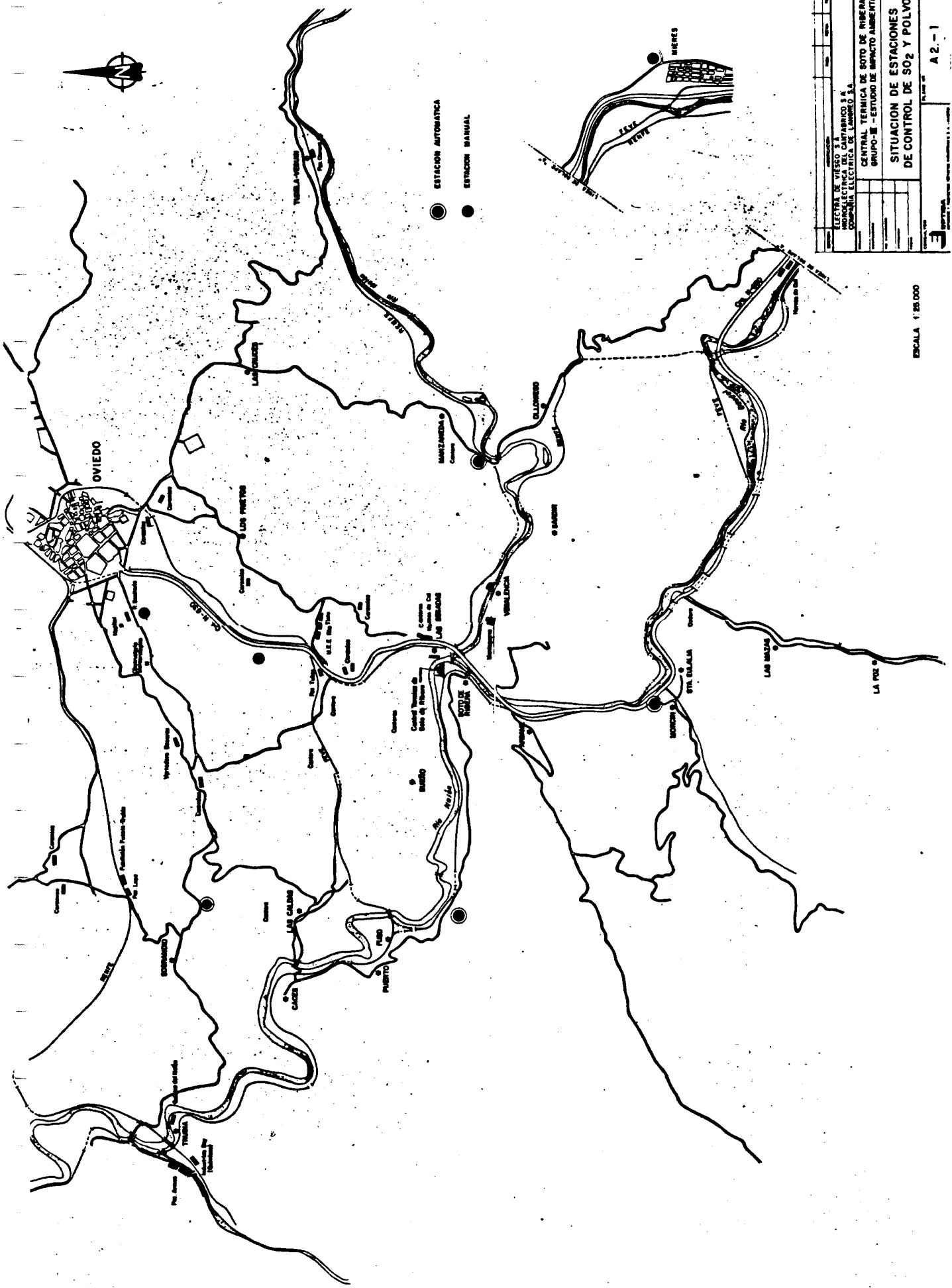
150, 256, 400, 700 g/m^3 N por un año, un mes, 24 horas y 2 horas respectivamente.

Se observó que para el nivel de referencia de 700 g/m^3 N sólo se separaba, con un máximo del 0,7 % de una banda comprendida entre los 3 y 6 km.

Teniendo en cuenta la dirección de zonas más afectadas, se ha decidido instalar una red de 4 estaciones automáticas en los puntos al Este, Sur, Oeste y Noroeste, en los que el nivel de inmisiones en dos horas puede exceder los límites autorizados.

A petición de la Delegación del Ministerio de Industria en Oviedo, se completó esta red con la instalación de tres sensores manuales, dos de ellos en la dirección de Oviedo y el tercero en las proximidades de Mieres (Plano 5).

Los detalles operativos de la red una vez instalada se establecerán de acuerdo con las normas que fije dicha Delegación.



● ESTACION AUTOMATICA
 ● ESTACION MANUAL

ESCALA 1:20.000

3.3 L A D A

3.3.1 Descripción

La central se encuentra emplazada en el Concejo de Langreo, en la provincia de Oviedo, sobre la margen izquierda del río Nalón, a unos 120 metros aguas abajo del Puente de La Felguera a Lada (calle de Sabino Alonso Fuego), en terrenos de forma aproximadamente rectangular, propiedad hoy de Hidroeléctrica Española, S.A., y que fueron adquiridos por su anterior propietaria, la Compañía Eléctrica de Langreo, S.A., al iniciarse la construcción de la Central Térmica de Lada, que limitan al Norte con el cauce del río Nalón, al Sur con la fábrica de productos químicos Bayer, al Este la carretera de La Felguera a Lada y al Oeste con terrenos de Ensidesa (Plano 6).

La central tiene en servicio desde el año 1957 el Grupo Lada II de 50 Mw, con chimenea de 60 m de altura, y desde el año 1967 el Grupo Lada III, de 155 Mw con chimenea de 150 m de altura.

El nuevo Grupo Lada IV está formado por un grupo turbo-alternador de fabricación Westinghouse (generador), con partes españolas realizadas por la Empresa Nacional Bazán (turbina). La potencia es de 350 Mw, refrigerado por hidrógeno, y tensión nominal de 18 kv.

La caldera, que ha sido fabricada por la Babcock & Wilcox norteamericana, con la colaboración de la misma firma española, Duro Felguera y la Maquinista Terrestre y Marítima, será capaz de producir 1.198 t/h a 536 °C y 265 kg/cm².

En LADA existen dos torres Marley de 4,2 y 4,8 m³/kg de refrigeración forzada por ventiladores y se ha modificado una torre Hamon de tiro natural con un nuevo diseño ELODYNE-INDEIN, poniendo 3 ventiladores en su interior para un caudal de 5,06 m³/seg.

Para la salida de humos del nuevo grupo se dispondrá de una nueva chimenea de 150 m de altura.

La central ha sido concebida para quemar carbón y gases de horno al

to, pero este último combustible no podrá usarse por haber suprimido ENSIDESA los hornos altos de su factoría de La Felguera.

El carbón que procede de los diferentes lavaderos del valle del Nalón, llega al parque de carbones por medio de vagones de ferrocarril RENFE o FEVE, y también por camiones.

Se dispone también de tanques de almacenamiento para el fueloil de apoyo de cargas.

3.3.2 Combustible de diseño

El análisis inmediato para la media de carbones prevista, es el siguiente:

| | <u>‰ en peso</u> |
|---------------------------------|------------------|
| Humedad | 15 |
| Carbono fijo | 29 |
| Materias volátiles | 20 |
| Cenizas | 36 |
| Poder calorífico superior | 3.948 kcal/kg. |
| Poder calorífico inferior | 3.703 kcal/kg. |

El análisis elemental de estos carbones es el siguiente:

| | <u>‰ en peso</u> | |
|------------------------------------|------------------|---------------|
| | <u>s/húmedo</u> | <u>s/seco</u> |
| Carbono (C) | 36,8 | 43,3 |
| Hidrógeno (H ₂ O) | 3,0 | 3,5 |
| Oxígeno (O ₂) | 7,4 | 8,7 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,8 | 0,9 |
| Azufre (S) | 2,0 | 2,4 |
| Cenizas | 35,0 | 41,2 |
| Humedad (H ₂ O) | 15,0 | |

El fuel empleado es el pesado nº 2 de Campsa y el gasoleo de tipo "C".

En el proyecto se supone que se trabaja con un exceso de aire del 20 %.

Tomando como base 100 gr de carbón bruto, se establece en el proyecto el siguiente cálculo:

Aire de combustión en volumen (moles):

| | |
|--|--------------|
| a) O ₂ para quemar el C (C = 12) | 3,07 |
| b) O ₂ para quemar el H ₂ (H ₂ = 4) | 0,75 |
| c) O ₂ para quemar el S (S = 32) | <u>0,06</u> |
| d) O ₂ Total (a + b + c) | 3,88 |
| e) O ₂ del combustible (O ₂ = 32) | <u>0,23</u> |
| f) O ₂ técnico necesario (d - e) | 3,65 |
| g) Exceso de O ₂ (0,20 . f) | <u>0,73</u> |
| h) O ₂ total necesario (f + g) | 4,38 |
| i) Aire total necesario $\frac{h \cdot 100}{21}$ | <u>20,86</u> |

Gases de combustión:

| | |
|--|-------------|
| j) CO ₂ formado (C = 12) | 3,07 |
| k) SO ₂ formado (S = 32) | 0,06 |
| l) Exceso de oxígeno (g) | 0,73 |
| m) N ₂ del aire total (i = 0,79) | 15,48 |
| n) N ₂ del combustible (N ₂ = 28) | 0,03 |
| o) H ₂ O del H ₂ del combustible (H ₂ = 2) .. | 1,50 |
| p) H ₂ O del agua del combustible (H ₂ O = 18) | 0,83 |
| q) H ₂ O humedad del aire ambiente | |
| $\frac{i \cdot 28,85 \cdot 0,013}{18}$ | <u>0,43</u> |
| r) Total gases (moles) | 22,13 |
| s) Total gases m ³ N/seg. carbón bruto | |
| $\frac{r \cdot 22,4}{100}$ | 4,957 |

El cuadro de composición de humos producidos en la combustión del carbón es el siguiente:

| Componente | kg/kg carbón | % | m ³ /kg carbón | % |
|------------------|--------------|-------|---------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,351 | 20,91 | 0,668 | 13,87 |
| SO ₂ | 0,037 | 0,57 | 0,013 | 0,27 |
| H ₂ O | 0,497 | 7,69 | 0,618 | 12,47 |
| O ₂ | 0,234 | 3,62 | 0,164 | 3,30 |
| N ₂ | 4,343 | 67,21 | 3,474 | 70,09 |
| TOTAL | 6,462 | - | 4,957 | - |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{6,462}{4,957} = 1,304 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

3.3.3 Combustibles consumidos

En los Cuadros 10 y 11 figura la evolución creciente de combustibles adquiridos y consumidos y siempre a base de carbones nacionales.

En el Cuadro 12 se recoge la evolución de las entregas de fuel pesado nº 2 de Campsa, así como de gasoleo C. Se aprecia bien el tirón de la demanda exigida por el nuevo Grupo Lada IV en su marcha hiper-crítica.

3.3.4 Nivel de emisiones

Siguiendo la estructura de exposición adoptada en el trabajo, se analizan por separado humos, partículas y gases sulfurosos.

3.3.4.1 Humos

Se estudian solamente las emisiones de humos del carbón medio consumido, pues los de los combustibles líquidos han sido ya calculados.

a) Combustión del carbón. Según el parte anual de OFICO, y el de efluentes gaseosos, hay diferencias entre las cenizas y azufre -

CENTRAL TERERICA: L A D A

Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 12,95 | 14,04 | 13,60 | 13,80 | 12,70 | 11,80 | 12,30 | 12,50 |
| Cenizas s.m.s. | 37,74 | 37,94 | 37,80 | 35,80 | 36,00 | 37,20 | 34,30 | 34,80 |
| Volátiles s.m.s. | 24,53 | 23,76 | 23,26 | 23,30 | 24,00 | 24,00 | 24,20 | 22,10 |
| P.C.S. | 4.196 | 4.164 | 4.206 | 4.358 | 4.397 | 4.338 | 4.517 | 4.538 |
| Cantidad | 696.170 | 630.486 | 681.997 | 657.204 | 824.037 | 1.002.998 | 1.443.086 | 1.958.160 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERMICA: L A D A Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 12,93 | 13,10 | 13,00 | 13,30 | 13,10 | 12,70 | 12,40 | 11,50 |
| Cenizas s.m.s. | 39,09 | 39,95 | 38,50 | 36,50 | 37,60 | 37,20 | 35,90 | 34,50 |
| Volátiles s.m.s. | 23,82 | 22,59 | 22,20 | 23,00 | 24,20 | 24,70 | 23,70 | 23,20 |
| P.C.S. | 4.115 | 4.055 | 4.200 | 4.352 | 4.235 | 4.300 | 4.431 | 4.617 |
| Cantidad | 650.410 | 673.264 | 641.913 | 635.391 | 752.715 | 725.624 | 1.582.901 | 1.916.394 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 12

CENTRAL TERMICA: L A D A

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL -- OIL t | GASOLEO t |
|---------|------------------|--------------|
| 1974 | 6.488 | 93 |
| 1975 | 5.743 | 59 |
| 1976 | 7.737 | 87 |
| 1977 | 5.738 | 104 |
| 1978 | 9.385 | 108 |
| 1979 | 7.313 | 105 |
| 1980 | 5.958 | 102 |
| 1981 | 8.264 | 112 |
| 1982 | 36.484 | 212 |

de los carbones consumidos y los de diseño, por lo que ha habido que hacer un ligero reajuste de los otros elementos.

Análisis ponderal sobre seco

| | <u>Hulla de diseño</u> <u>Memoria 1975</u> | <u>Carbón consumido</u> <u>Dato elaborado</u> |
|-----------------------------------|---|--|
| Carbono (C) | 43,3) | 48,28) |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,5) | 3,90) |
| Oxígeno (O ₂) | 8,7) | 9,70) |
| Nitrógeno(N ₂) | 0,9) | 1,01) |
| Azufre (S) | 2,4) | 1,21) |
| Cenizas | 41,2) | 35,90) |
| Humedad | | 12,40 |

CO₂ en los humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,4828 = 1,770 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,4828 = 0,901 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0121 = 0,024 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0121 = 0,008 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta: } \left(\frac{32}{12} \cdot 0,4828 + \frac{32}{32} \cdot 0,0121 + \frac{16}{2} \cdot 0,039 - 0,097 \right) = 1,515 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

Exceso de aire del 20 %.

$$P_{O_2} = 1,515 \cdot 0,20 = 0,378 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,378 = 0,265 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{12,4}{87,6} = 0,141 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

Agua producto de la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0390 = 0,351 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,141 + 0,351 = 0,492 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,492 = 0,612 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,0101 + 0,77 \cdot \frac{1,2}{0,23} \cdot 1,515 = 6,096 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 6,096 = 4,877 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos productos de la combustión de 1 kilogramo de carbón seco es el siguiente:

| Componente | kg | % | m ³ | % |
|------------------|-------|-------|----------------|-------|
| CO ₂ | 1,770 | 20,21 | 0,901 | 13,52 |
| SO ₂ | 0,024 | 0,27 | 0,008 | 0,12 |
| H ₂ O | 0,492 | 5,62 | 0,612 | 9,18 |
| O ₂ | 0,378 | 4,31 | 0,265 | 3,98 |
| N ₂ | 6,096 | 69,59 | 4,877 | 73,20 |
| TOTAL | 8,760 | - | 6,663 | - |

Estas cifras son más altas que las obtenidas para el carbón de di seño por referirse a carbón seco y otro contenido de cenizas.

$$\text{Densidad de humos: } \frac{8,760}{6,663} = 1,314 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

b) Combustión del fuel. Sirven las mismas cifras ya calculadas.

3.3.4.2 Partículas

Para el reparto de cenizas entre escorias y cenizas volantes se acepta el porcentaje de 15 %, 5 % y 80 %, siendo este último el que pasa al precipitador electrostático.

El precipitador previsto para la caldera del Grupo IV es un LUCGI, compuesto por dos series en paralelo, compuesta cada una de ellas por un precipitador mecánico con un redimiento del 97 % seguido por un precipitador electrostático, que permite llegar a un rendimiento combinado del 99,8 %.

Nada se dice del sistema de depuración de partículas de los grupos II y III, por lo que se ha supuesto que, como trabajan a muy baja carga, el rendimiento de sus depuradores llegue hasta el 98,2 %.

En el Cuadro 13 se han recogido estos datos, que corresponden al funcionamiento de la Central durante el año 1982.

Como se ve, el nivel de emisión de partículas resultante:

$$106 \cdot 10^3 / 298,18 = 354,61 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

es inferior a los 500 mg/m³ N autorizados a esta central.

Sin embargo, si hacemos la hipótesis de que toda la energía eléctrica generada durante ese año, que es igual a:

| | |
|-----------|--------------------|
| Grupo II | 235,1 Gwh |
| Grupo III | 749,5 " |
| Grupo IV | 1.753,2 " |
| Suma | <u>2.737,8 Gwh</u> |

hubiera sido generada por el Grupo IV, que tiene un consumo específico 0,545 kg carbón/kwh, se hubiesen consumido solamente:

$$2.737,8 \cdot 0,545 = 1.492,110 \cdot 10^3 \text{ toneladas en el año, que equi}$$

valen a 956.442 t de carbón seco.

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | LADA II | LADA III | LADA IV | | | SUMA |
|--|----------|-----------|-----------|----------|---------|-----------|
| | | | LADA II | LADA III | LADA IV | |
| POTENCIA | 50 | 155 | 350 | | | 555 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | HULLA | HULLA | HULLA | FUEL-OIL | GASOLEO | |
| Consumo anual combustible (1) | 235,100 | 397,000 | 950,800 | 36,484 | 0,212 | - |
| Humedad (1) | 12,40 | 12,4 | 12,4 | - | - | - |
| Consumo anual sobre seco | 205,948 | 347,772 | 832,901 | - | - | 1.386,621 |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 35,90 | 35,90 | 35,90 | - | - | 35,90 |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 73,935 | 124,850 | 299,012 | - | - | 497,797 |
| 15 % Escorias | 11,090 | 18,728 | 44,852 | - | - | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 3,697 | 6,242 | 14,950 | - | - | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 59,148 | 99,680 | 239,210 | - | - | |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 98,2 (2) | 98,2 (2) | 99,8 | - | - | |
| Particulas que salen por la chimenea | 1064.664 | 1.797,840 | 478.420 | - | - | 3.340.924 |
| Emisión de partículas (3) | 33,8 | 57,0 | 15,2 | - | - | 106,0 |
| Gases de combustión | 6,663 | 6,663 | 6,663 | 12,921 | 12,921 | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 1372,232 | 2.030,696 | 5.549,619 | 474,149 | 474,149 | 9.426,696 |
| Caudal de humos (3) | 43,513 | 64,393 | 175,977 | 15,035 | 15,035 | 298,918 |
| Nº de chimeneas | 1 | 1 | | 1 | 1 | |
| Altura de la chimenea | 60 | 100 | | 150 | 150 | |

(1) Datos de OFICO, reportados según la propia central y del I.N. Hidrocarburos

(2) Precipitador mecanico

(3) 1 año = 31.536 x 10³ segundos.

Las partículas que se hubiesen emitido por segundo serían solamente:

$$956.442 \cdot 10^6 \cdot 0,359 \cdot 0,8 \cdot 0,002/31.536 \cdot 10^3 = 17,42 \text{ gr/seg.}$$

La concentración en humos resultantes sería:

$$27,18 \cdot 10^3 / 298,918 = 58,28 \text{ mg/m}^3 \text{ N, que es inferior a la autorizada.}$$

Esto quiere decir que si se suspende la producción de los Grupos II y III, el Grupo IV está en condiciones de dar la producción, no sólo en condiciones más económicas, sino también menos contaminante.

3.3.4.3 Gases sulfurosos.

En los partes de efluentes gaseosos siempre se hace constar un contenido de azufre sobre muestra húmeda del 1,06 ‰, lo que, como se ha dicho para otra central, es prueba de que no presta excesiva atención a este problema.

El año 1982 se quemaron 1.386.621 toneladas de carbón seco con un contenido en azufre del 1,21 ‰ y 36.484 toneladas de fuel con un contenido del 5,28 ‰. Entre los dos combustibles se enviaron a la atmósfera:

$$2 (1.386.621 \cdot 0,0106 + 36.484 \cdot 0,0328) = 31.790 \text{ t/SO}_2$$

La emisión media del año fué:

$$31.790 \times 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 1.008.045 \text{ mg/seg}$$

por tanto, la emisión por unidad de volumen fué:

$$1.008.045 / 298,918 = 3.372 \text{ mg/m}^3 \text{ N,}$$

muy por encima de los 2.400 mg admitidos.

Como no se dispone de datos en que basar la posible proporción de azufre que pueda pasar a cenizas, no se hacen otras consideraciones sobre este tema.

Sin embargo, para condiciones similares en otras centrales, se puede admitir el 80 % de este valor, es decir, que bajaría la emisión a 2.698 kg/m³ N.

3.3.5 Nivel de inmisiones

Por estar situada esta central en zona intensamente contaminada no se han hecho por ahora previsiones para las mediciones del incremento de contaminación resultante.

3.4 NARCEA

3.4.1 Descripción

Esta central es propiedad actualmente de Unión-FENOSA, S.A. Antes de la fusión de estas dos sociedades, la primera de ellas había puesto en servicio en junio de 1968 el Grupo I de 63 Mw, y posteriormente, en febrero de 1969, amplió la central con un nuevo Grupo II de 154 Mw.

La central está ubicada en Soto de Ribera, Ayuntamiento de Tineo, en la provincia de Asturias, en el km 5 de la carretera de La Florida a Salas (Plano 7).

Con objeto de alcanzar un mayor aprovechamiento de los recursos mineros de las zonas de Tineo, Cangas del Narcea, Carballo y Rengos, se consideró posible la instalación de un Grupo III de 350 Mw, anejo a los grupos hoy en servicio y para funcionar simultáneamente con éstos, aunque los terrenos disponibles no permiten una holgada ubicación de los nuevos edificios y equipos necesarios.

El nuevo grupo constará de una turbina de vapor de 350 Mw, alimentada con vapor a 166,48 bar, 541 °C, que acciona un alternador de 390 Mw, refrigerado por hidrógeno y tensión en bornes de 23 kv.

Para el agua de refrigeración del condensador se montará una torre de tiro natural y sección hiperbólica, de ϕ 70,40 m en la base, 80,96 m de altura y un gasto de 6.983 m³/segundo.

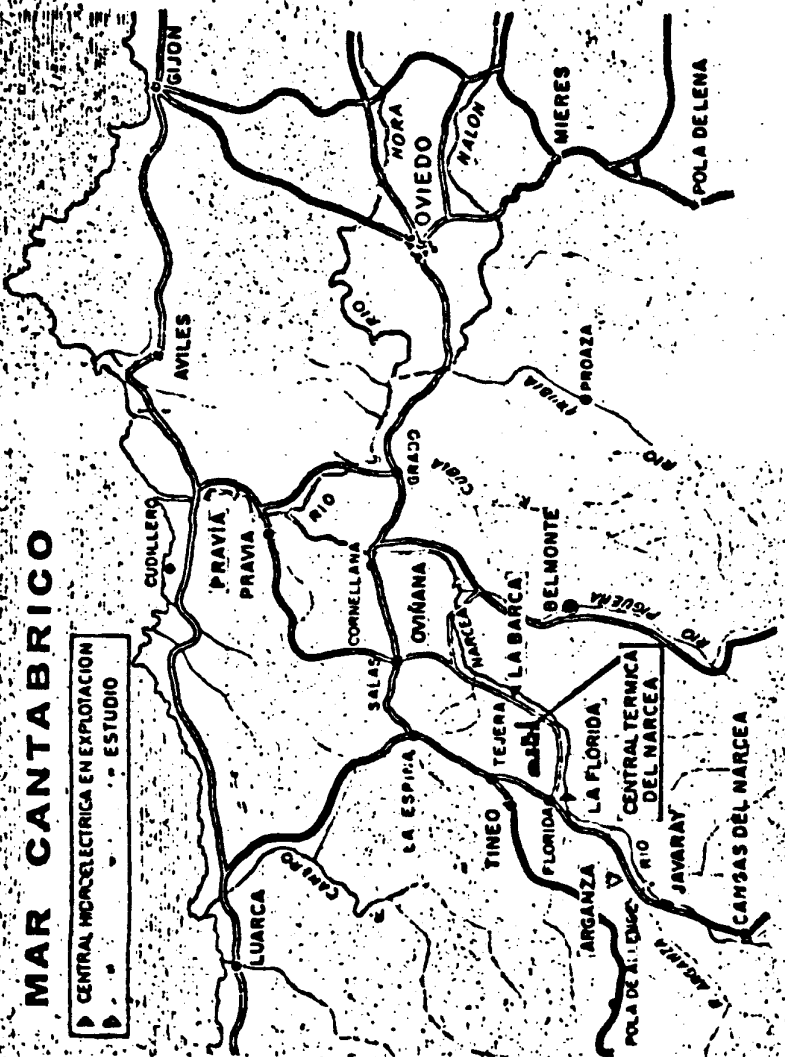
La caldera de tiro natural asistido es capaz de generar 1.126 t/h de vapor a 176 kg/cm² y 541 °C.

Para la salida de humos se construirá una chimenea de 200 m de altura, que servirá para este Grupo y el Grupo II. El diámetro interior de la chimenea será de 5 m. Los grupos actuales tienen chimeneas separadas de 70 metros de altura.

Como no hay tendidos ferroviarios en esta zona, el carbón procedente de las minas llega exclusivamente en camiones por la carretera de La Flori-

MAR CANTABRICO

▽ CENTRAL MICROELECTRICA EN EXPLORACION
 ○ ESTUDIO



UNION ELECTRICA

| Fecha | Nombre |
|----------|--------|
| NOV-1981 | RIOTE |
| | |
| | |
| | |

C.T DEL NARCEA
GRUPO III

Plano n° 01

| Activizado | |
|------------|--------|
| Fecha | Numero |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

PLANO DE SITUACION

da-Cornellana, por una variante que se ha preparado en las proximidades de la central. Los camiones en su recorrido pasarán por un equipo de desmuestre automático, que permitirá conocer para cada camión la calidad del carbón servido. El carbón descargado puede pasar al parque de homogeneización para su apilado, o al parque de reserva con medios convencionales de apilado y una capacidad prevista de 1.200.000 toneladas. Ha habido necesidad de recurrir a la homogeneización por proceder el carbón de hasta nueve minas diferentes, y para conseguir así un carbón de alimentación de la caldera de las características más constantes posibles, lo cual redundará en una mejor combustión, con la consiguiente reducción de inquemados y una disminución de las necesidades de utilizar fueloil para la estabilización de llama.

3.4.2 Cuenca carbonífera

Se considera que son cuatro las zonas de producción ya citadas que van a asegurar la alimentación de esta Central (Plano 8).

Habría que añadir las zonas de Cerredo y Tormaleo, que no se van a considerar, porque por razones geográficas dan salida a su producción hacia la provincia de León (Villablino, Ponferrada y Palacios del Sil).

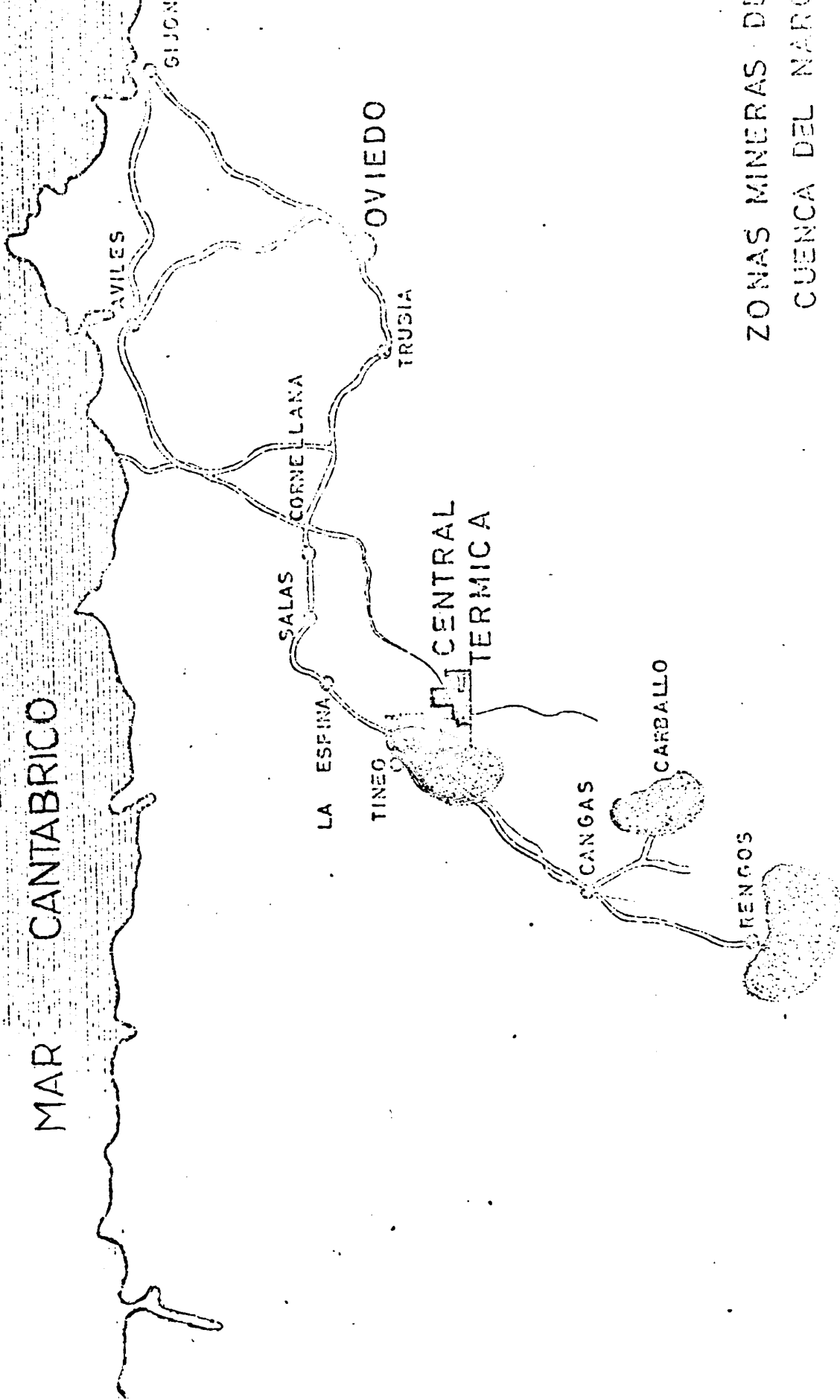
La zona de Cangas de Narcea, que en el pasado fué muy floreciente, no tiene en la actualidad ninguna explotación en activo, y por ello sólo se consideran las otras tres.

Los carbones que pertenecen al carbonífero superior, tramo del Estefaniense, son del grupo de las antracitas, con un contenido en materias volátiles que oscila entre el 4 % y el 8 %.

El porcentaje de menudos y finos (< 12 mm) puede estimarse en un 70 por ciento del total producido para el conjunto de las cuencas, pero oscila entre el 60 % para la zona de Tineo y el 85 % para la zona de Carballo.

En la zona de Tineo existen tres empresas productoras que explotan hasta ocho capas, que en 1981 produjeron 216.243 toneladas vendibles

MAR CANTABRICO



ZONAS MINERAS DE LA CUENCA DEL NARCEA

y con reservas de carbón de 15,5 millones de toneladas.

En la zona de Carballo sólo hay una empresa productora, que en el año 1981 produjo 106.344 toneladas vendibles. En las cinco capas que aún se consideran explotables tiene una reserva de 5 millones de toneladas.

En la zona de Rengos hay cuatro empresas productoras, que en el año 1981 produjeron 731.590 toneladas vendibles y que tienen reservas de 26 millones de toneladas, repartidas en dos paquetes sobre los que suele haber de 4 a 6 capas productivas.

3.4.3 Combustible de diseño

El Grupo III de la Central Térmica del Narcea aprovechará los menudos y finos de estas subcuencas, situadas todas ellas a menos de 60 km de la central.

Como se ha dicho, se trata de antracitas con contenido bajo de volátiles, por lo que presentan dificultades de combustión que exigen un cuidadoso diseño y marcha de la caldera.

Las características de estos carbones se conocen bien por los análisis realizados durante los años de explotación de la Central y han sido contrastados periódicamente en los laboratorios del Instituto Nacional del Carbón.

El análisis elemental medio de los carbones de la zona es el siguiente:

| | % ponderal | |
|----------------------------|----------------------|----------------------|
| | A | B |
| Humedad | 10,1 | 11,5 |
| Carbono fijo | 64,7) | 60,4) |
| Materias volátiles | 5,9 } $\Sigma = 100$ | 5,6 } $\Sigma = 100$ |
| Cenizas | 29,4) | 34,0) |
| Poder calorífico superior. | 5.250 kcal/kg | 5.190 kcal/kg |

El análisis elemental referido a muestra seca del carbón es el siguiente:

| | <u>% ponderal</u> | |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| Carbono (C) | 65,0 | } $\Sigma = 100$ |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,7 | |
| Oxígeno (O ₂) | 2,0 | |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,6 | |
| Azufre (S) | 0,9 | |
| Genizas | 29,8 | |

Es de destacar el bajo contenido de azufre de estos carbones.

3.4.4 Combustibles consumidos

En los cuadros 14 y 15 se ve la evolución de los carbones adquiridos y consumidos por esta Central. Respecto a los segundos hay que destacar su regularidad en los últimos años, frente a un fuerte incremento anual en los adquiridos, lo que ha dado lugar a la acumulación excepcional de carbón en parque, que sólo empezará a disminuir cuando entre en funcionamiento el Grupo III.

En el Cuadro 16 se ve la evolución en los consumos de combustibles líquidos.

3.4.5 Nivel de emisiones

Entre la documentación del Proyecto de instalación del Grupo III, figura el Cuadro 17, en el que se recogen las emisiones tanto de gases como de vapores sulfurosos que se espera sean generados por cada uno de los tres grupos, y que puede servir de contraste para los calculados - en este trabajo.

3.4.5.1 Humos

La caldera está diseñada para quemar los siguientes combustibles:

CENTRAL TERMICA: N A R C E A

| | | Carbón Adquirido | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A Ñ O S | | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | | |
| Humedad | % | 11,54 | 10,92 | 10,64 | 10,60 | 10,30 | 10,60 | 9,30 | 9,60 |
| Cenizas s.m.s. | % | 27,76 | 29,28 | 30,57 | 29,70 | 29,40 | 29,40 | 26,90 | 27,10 |
| Volátiles s.m.s. | % | 6,45 | 5,83 | 6,15 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 5,90 | 6,00 |
| P.C.S. | kcal/kg | 5.009 | 4.937 | 4.875 | 5.077 | 5.142 | 5.155 | 5.419 | 5.393 |
| Cantidad | t | 590.411 | 616.963 | 575.428 | 583.745 | 811.117 | 858.349 | 889.360 | 895.213 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERERICA: N A R C E A Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 10,23 | 10,22 | 10,02 | 10,20 | 9,60 | 9,50 | 10,10 | 9,00 |
| Cenizas s.m.s. | 28,24 | 29,47 | 31,31 | 30,00 | 29,10 | 28,80 | 30,00 | 28,20 |
| Volátiles s.m.s. | 6,66 | 5,82 | 6,04 | 6,40 | 6,30 | 6,50 | 6,50 | 6,60 |
| P.C.S. | 5.049 | 5.144 | 4.856 | 5.078 | 5.219 | 5.244 | 5.106 | 5.325 |
| Cantidad | 459.792 | 470.504 | 546.235 | 537.858 | 587.286 | 643.931 | 614.783 | 586.761 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 16

Combustibles líquidos consumidos

CENTRAL TÉRMICA: M A R C E A

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 19.395 | 129 |
| 1975 | 25.965 | 197 |
| 1976 | 26.762 | 183 |
| 1977 | 28.090 | 203 |
| 1978 | 30.302 | 192 |
| 1979 | 29.788 | 252 |
| 1980 | 28.482 | 254 |
| 1981 | 33.723 | 120 |
| 1982 | 32.461 | 177 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

C U A D R O 17

CENTRAL TERCIKA DE NARCEA

CONDICIONES DE EMISION DE PROYECTO

| GRUPO | POTENCIA KW | VOLUMEN DE HUMOS m^3/s | | E M I S I O N E S | | | | C O N D I C I O N E S E M I S I O N | | | |
|-----------|----------------|-----------------------------|-----------|------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------|
| | | m^3/s | $m^3/h/s$ | PARTICULAS mg/m^3 | SO ₂ | PARTICULAS g/seg. | SO ₂ g/seg. | t 90 | Altura m | C U I M E N T A ϕ m | VELOCIDAD m/seg. |
| Grupo I | 65 | 107,27 | 72,67 | 149,9 | 1.253 | 10,9 | 91,07 | 130 | 70 | 2,71 | 18,62 |
| Grupo II | 154 | 341,43 | 230,03 | 149,9 | 1.253 | 34,5 | 283,43 | 132 | 70 (200) | 4,27 (3,50) | 23,77 (25) |
| Grupo III | 350 | 513,03 | 347,54 | 153,6 | 1.603 | 53,4 | 557,10 | 130 | 200 | 5,- | 25 |

- 100 % carbón de diseño
- 30 % fueloil para encendido y apoyo
- 30 % gasoleo para encendido.

Se estudiarán sólo las emisiones de la combustión del carbón, porque para el combustible líquido se acepta lo ya calculado.

a) Combustión del carbón. Para calcular el nivel de emisiones se admite la del carbón A, por ser el que más se aproxima al análisis de OFICO en cenizas y volátiles. Sin embargo, se hace un reajuste de los demás componentes.

| | <u>Antracita diseño</u> | | <u>Carbón con umido</u> |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
| | <u>Memoria 1978</u> | | <u>Dato elaborado</u> |
| Carbono (C) | 65,0 | } $\Sigma = 100$ | 64,72 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,7 | | 1,69 |
| Oxígeno (O ₂) | 2,0 | | 1,99 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,6 | | 0,60 |
| Azufre (S) | 0,9 | | 0,9/0,899 |
| Cenizas | 29,8 | | 1,00 |
| Humedad | | | 30,00 |
| | | | 10,10 |

CO₂ en los humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6472 = 2,373 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,6472 = 1,208 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

SO₂ en los humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,01 = 0,020 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,01 = 0,007 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O_2 en humos:

$$O_2 \text{ aporta} = \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6472 + \frac{32}{32} \cdot 0,01 + \frac{16}{2} \cdot 0,0169 - 0,0199 \right) =$$

$$= 1,851 \text{ kg } O_2 / \text{kg carbón seco.}$$

Exceso de aire 20 %.

$$P_{O_2} = 1,851 \cdot 0,20 = 0,370 \text{ kg } O_2 / \text{kg carbón seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,370 = 0,259 \text{ m}^3 O_2 / \text{kg carbón seco.}$$

H_2O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible } \frac{10,10}{89,90} = 0,112 \text{ kg } H_2O / \text{kg carbón seco.}$$

Agua producida en combustión H_2 :

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0169 = 0,152 \text{ kg } H_2O / \text{kg carbón seco.}$$

$$P_{H_2O} = 0,112 + 0,152 = 0,264 \text{ kg } H_2O / \text{kg carbón seco.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,264 = 0,329 \text{ m}^3 H_2O / \text{kg carbón seco}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,006 + 0,77 \cdot \frac{1,2}{0,23} \cdot 1,851 = 7,436 \text{ kg } N_2 / \text{kg carbón seco}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 7,436 = 5,949 \text{ m}^3 N_2 / \text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es el siguiente:

| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|------|--------------------------------|------|
| CO ₂ | 2,373 | 22,7 | 1,208 | 15,6 |
| SO ₂ | 0,020 | 0,2 | 0,007 | 0,2 |
| H ₂ O | 0,264 | 2,5 | 0,329 | 4,2 |
| O ₂ | 0,370 | 3,5 | 0,259 | 3,3 |
| N ₂ | 7,436 | 71,1 | 5,949 | 76,7 |
| TOTALES | 10,463 | - | 7,752 | - |

$$\text{Densidad de humos } \frac{10,463}{7,752} = 1,349 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

3.4.5.2 Partículas

Por tratarse de la combustión de una antracita, se supone que se incrementa el nivel de inquemados que se depositan por gravedad en los puntos singulares de la caldera y que solo pasan al precipitador electrostático el 75 % de las cenizas.

Se supone, también, que para estos dos grupos está en servicio el nuevo precipitador, cuyo rendimiento es del 99,4 %.

En el Cuadro 18 se recogen los datos correspondientes al año 1982. Como se ve el nivel de emisión de partículas resultantes para los dos Grupos es de:

$$23,6 \cdot 10^3 / 149.231 = 158,144 \text{ mg/m}^3 \text{ N,}$$

que es inferior a los 350 mg/m³ N autorizados.

Los consumos específicos, sin tener en cuenta el fuel, de los Grupos I y II, según los partes del año 1982, son los siguientes:

$$\text{Grupo I} = 226.965 \cdot 10^3 / 432.345 \cdot 10^3 = 0,525 \text{ kg/kwh.}$$

$$\text{Grupo II} = 387.816 \cdot 10^3 / 865.695 \cdot 10^3 = 0,446 \text{ kg/kwh.}$$

CENTRAL TERMICA DEL NARCEA

DAVOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO I | | | GRUPO II | | | SUMA |
|---|-----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------|
| | ANTRACITA | FUEL-OIL | SASOL-30 | ANTRACITA | FUEL-OIL | GASELDO | |
| POTENCIA | 63 | | | 154 | | | 217 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 226,965 | 12,275 | 67 | 387,818 | 20,186 | 110 | - |
| Humedad (1) | 10,1 | - | - | 10,1 | - | - | - |
| Consumo anual sobre seco | 204,041 | - | - | 348,648 | - | - | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 30,0 | - | - | 29,94 | - | - | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 61,212 | - | - | 104,385 | - | - | - |
| 15 % Escorias | 9,182 | - | - | 15,658 | - | - | - |
| 10 % C.V. tolvas economizador | 6,121 | - | - | 10,438 | - | - | - |
| 7,5 % que entran en precipitador electrostático | 45,909 | - | - | 78,289 | - | - | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 99,4 | - | - | 99,4 | - | - | - |
| Partículas que salen por la chimenea | 275,456 | - | - | 469,734 | - | - | 745,190 |
| Emisión de partículas (3) | 8,7 | - | - | 14,9 | - | - | 23,6 |
| Gases de combustión (4) | 7,752 | 12,921 | 12,921 | 7,752 | 12,921 | 12,921 | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 1,581,726 | 159,471 | 159,471 | 2702,719 | 282,245 | 282,245 | 4.706,161 |
| Caudal de humos (3) | 50,156 | 5,057 | 5,057 | 85,703 | 8,315 | 8,315 | 149,231 |
| Nº de chimeneas | 1 | 1 | 1 | Actual | 1 Futura | 1 | |
| Altura de la chimenea | 70 | 70 | 70 | 70 | 200 | 200 | |

(1) Datos partes de OFICO y de empresa.

(3) 1 año = 31.536 x 10³ segundos.

Como el consumo específico de carbón del Grupo III, en una hipótesis de funcionamiento de 4.500 horas a plena carga, 1.000 horas al 75% y 1.000 horas al 50 %, a las que corresponden rendimientos de la caldera de 1.856,07; 1.870,67; 1.913,98 kcal/kwh, será sólo de 0,414 kg por kwh.

Hay un ahorro de 0,111 kg carbon/kwh sobre el Grupo I y de 0,032 kg carbón/kwh sobre el Grupo II.

No se valoran estos ahorros, pero es manifiesto que la entrada en servicio del Grupo III y la retirada, aunque sólo sea del Grupo I, supone el limitar aún más la emisión de partículas por debajo de los límites marcados.

3.4.5.3 Gases sulfurosos

En los partes de efluentes gaseosos siempre se hace constar un contenido de azufre sobre muestra húmeda de 0,9 %, lo que prueba que no se presta demasiada atención a este tema.

El año 1982 se quemaron 614.783 toneladas de carbón bruto con el contenido de azufre indicado y 32.461 toneladas de fuel con un contenido de azufre del 3,00 %. Entre los dos combustibles se enviaron a la atmósfera:

$$2 (614.783 \cdot 0,009 + 32.461 \cdot 0,03) = 13.014 \text{ t de SO}_2$$

la emisión media del año fué:

$$13.014 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 412.671 \text{ mg/seg.}$$

de los que corresponden al:

$$\text{Grupo I} = 152.349 \text{ mg/seg.}$$

$$\text{Grupo II} = 260.322 \text{ mg/seg.}$$

por tanto, la emisión por unidad de volumen fué:

$$412.671 / 149.231 = 2.765 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

muy por encima de los 2.400 mg admitidos.

Como no se dispone de datos sobre el azufre que pueda pasar a cenizas, no se puede calcular su influencia en las emisiones de SO_2 .

Sin embargo, es admisible pensar que estas se redujeran al 80 % de su valor, lo que las rebajaría $2.212 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$.

Hay grandes diferencias entre estos resultados y los que figuraban como previsiones en el proyecto y que se ponen de manifiesto en este cuadro:

| | | Grupo I | | Grupo II | |
|---------------|---------------------------|----------|--------|----------|--------|
| | | Proyecto | 1982 | Proyecto | 1982 |
| Volumen humos | $\text{m}^3 \text{ N/s}$ | 72,67 | 55,11 | 230,03 | 94,02 |
| Partículas | g/s | 10,90 | 8,70 | 34,50 | 14,90 |
| Partículas | $\text{mg/m}^3 \text{ N}$ | 149,90 | 157,90 | 149,90 | 158,50 |
| SO_2 | g/s | 91,07 | 152,30 | 283,43 | 260,30 |
| SO_2 | $\text{mg/m}^3 \text{ N}$ | 1.253 | 2.765 | 1.253 | 2.765 |

La diferencia en partículas debe obedecer a que en los cálculos se ha tomado un rendimiento muy alto al precipitador de polvo. La diferencia en volumen de gases se deben tal vez a diferente composición elemental del carbón.

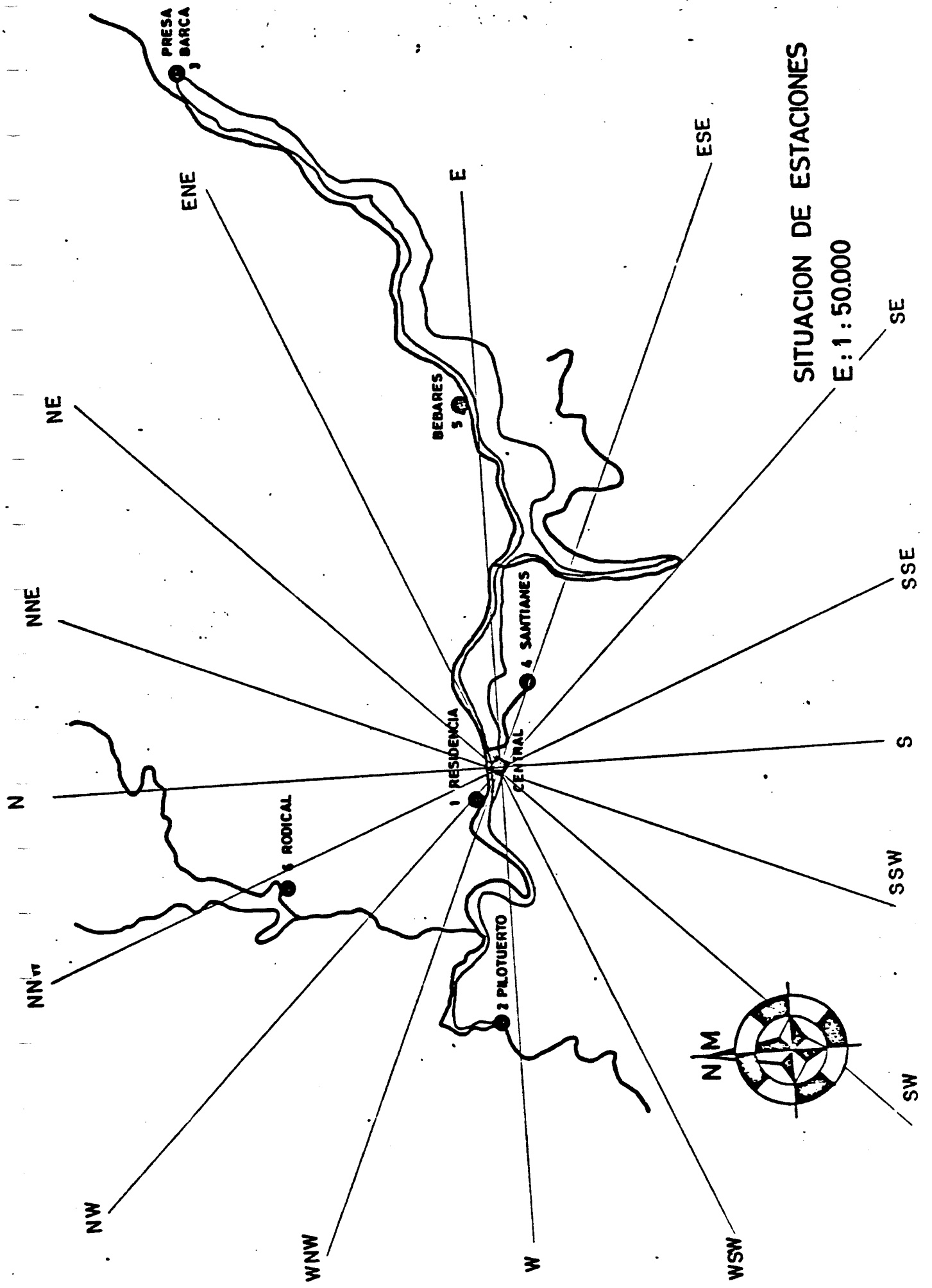
3.4.6 Nivel de inmisiones

Se ha realizado un estudio de dispersión del SO_2 y partículas que contempla el funcionamiento simultáneo de los tres Grupos, con contaminación de fondo derivada de otras fuentes.

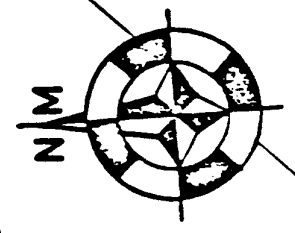
Se propone una red industrial de vigilancia con ubicación de los sensores en los siguientes lugares:

- 1 - Residencia de la central
- 2 - Pilotuerto
- 3 - Presa de la Barca
- 4 - Santianes
- 5 - Bebares
- 6 - El Rodical

cuya situación queda recogida en el Plano 9.



SITUACION DE ESTACIONES
E: 1:50.000



3.5 ANLLARES

3.5.1 Descripción

Esta central es actualmente propiedad de Unión-Fenosa, S.A., aunque los primeros trabajos los había iniciado la segunda de estas sociedades antes de su fusión. El grupo, que tiene 350 Mw, ha entrado en servicio en 1983 y quema carbón de Coto Cortés y otras minas de la Zona.

La central está situada (Plano 10) al Este del pueblo de Anllares, a unos 40 km de Ponferrada en la provincia de León, y ocupa una pequeña llanura delimitada de la siguiente forma:

Norte - Camino de Suseñe
 Este - Río Valdeprado
 Sur - Piste e carbón del Sil
 Oeste - Camino del cementerio de Anllares.

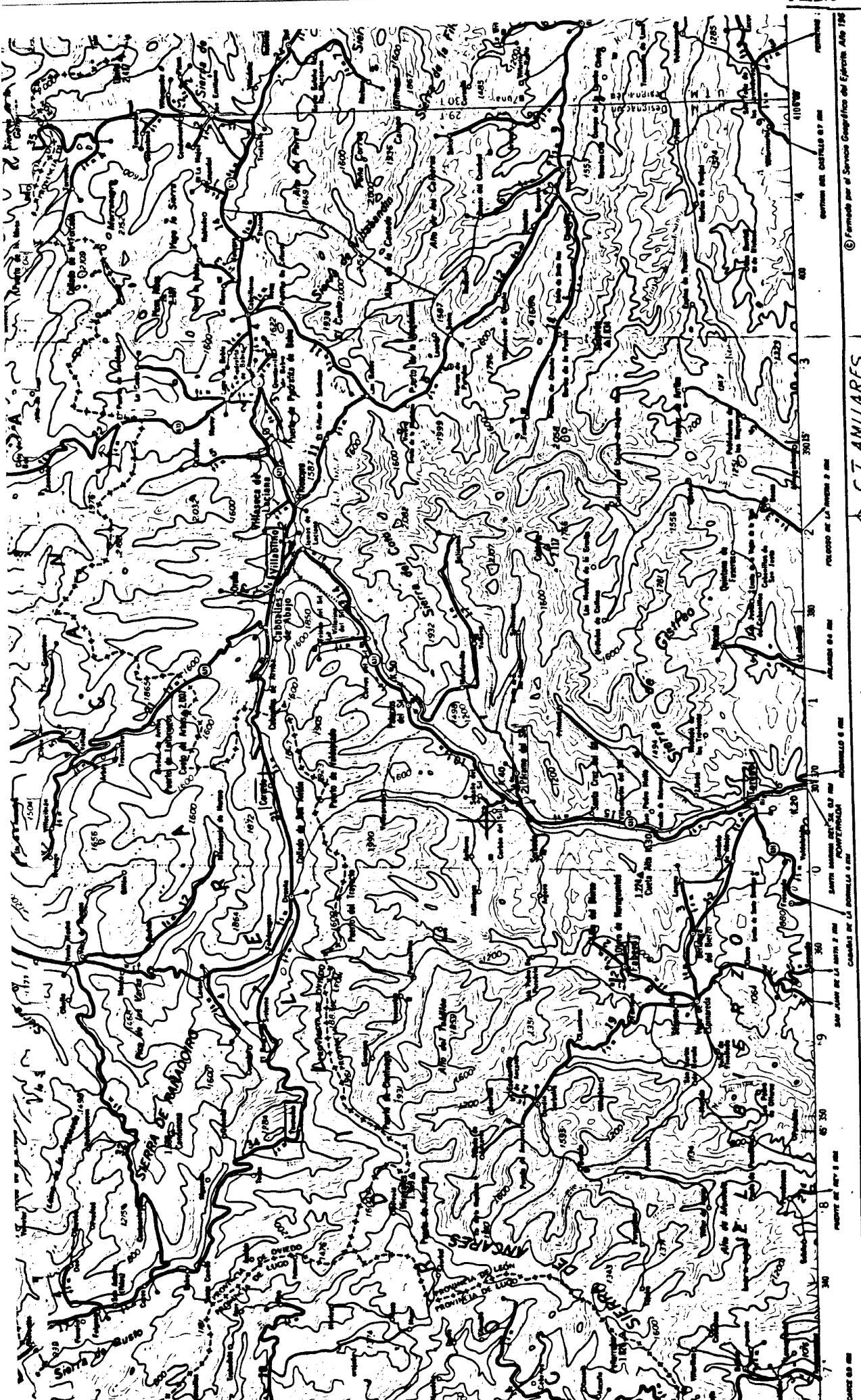
La existencia de importantes reservas carboníferas en la zona del Bierzo ha condicionado la construcción de centrales térmicas, y en el emplazamiento de esta central ha influido su proximidad a los importantes yacimientos de Coto Cortés, Fabero y Villablino y la posibilidad de efectuar el transporte de carbón con pocas complicaciones, dado que las vías de salida de los dos últimos confluyen en un punto cercano a la llanura de Anllares, y el primero está unido a ella por una pista.

Por otra parte, con el cercano embalse de Ondinas podrán resolverse los problemas de abastecimiento de agua.

El nuevo grupo constará de una turbina de fabricación combinada - Mitsubishi-Bazán, capaz de producir 350 Mw, con entrada primaria de vapor a 162 kg/cm^2 y $538 \text{ }^\circ\text{C}$ y una intermedia a 40 kg/cm^2 y $538 \text{ }^\circ\text{C}$.

El alternador es un Westinghouse, refrigerado por hidrógeno a 350 Mw de potencia continua y tensión en bornes de 18 kv.

El agua de refrigeración se toma del embalse de Ondinas desde donde



| | |
|--|--------------------------------|
| DIVI | |
| CANGAS DEL NARCEA 3-2 | |
| EJEMPLO DE DESIGNACIÓN DE UN PUNTO CON APROXIMACIÓN DE 1.000 METROS | |
| DESIGNACIÓN DE LA ZONA 25.7 - 30.7 | NOMBRE DEL PUNTO VILLABLINO |
| Indicaciones del | |

C.T. AMILARES



Proyección U.T.M. Equidistante Hayford
 Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante
 Equidistante de curvas 100 metros
 Longitudes referidas al meridiano de Greenwich Datum Europeo

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 9.5 | 10.5 | 11.5 | 12.5 |
| 9.6 | 10.6 | 11.6 | 12.6 |
| 9.7 | 10.7 | 11.7 | 12.7 |
| 9.8 | 10.8 | 11.8 | 12.8 |

por tubería se manda a una presa de reserva construída cerca de la central, desde la que se bombea a los condensadores.

Para refrigerar el agua existe una torre hiperbólica de tiro natural de ϕ 70,5 m en la base, ϕ 41,9 m en la garganta, 115 m de altura y un gasto de 10,833 m³/segundo.

La caldera de tiro asistido es una Foster-Wheeler, con colaboración de la Maquinista Terrestre y Marítima, apta para consumir antracitas, semihullas, fueloil y gasoleo, capaz para suministrar 1.100 t/hora de vapor a 169 kg/m² y 540°, con un recalentamiento intermedio de 960 t/hora, 40 kg/cm² y 540°. El rendimiento es del 86,89 % sobre el poder calorífico superior.

Para la salida de humos se ha construído una chimenea de 150 m de altura y 95,50 m en la boca de salida, y está prevista para poder recrecerla hasta 172,50 m sobre el nivel del suelo.

El carbón llega siempre por camiones y desde el punto de descarga se puede enviar directamente a la central o al parque de maniobra que tiene una capacidad de 350 mil toneladas y en el que se pueden preparar mezclas de carbones. Hay otro parque de almacenamiento de 1 millón de toneladas, en el que se puede apilar carbón clasificado en cuatro calidades diferentes y del que después se puede enviar al parque de maniobra.

Para almacenar el fuel que llega con camiones cisterna, se dispone de dos tanques de 3.000 m³ y otros dos de 100 m³, para el gasoleo de encendido.

3.5.2 Cuenca carbonífera

Teniendo en cuenta la ubicación de la central en el municipio de Páramo del Sil, se considera como área de influencia de ella, el cuadrante noroccidental de la provincia de León y la zona limítrofe con él de la provincia de Asturias.

El área de influencia puede dividirse en dos partes, de acuerdo con sus características geográficas y geológicas.

Subárea Norte, que abarca el valle del alto Sil y el Suroeste de la provincia de Oviedo, y que comprende las zonas de Villablino, Carredo y Tormaleo.

Subárea Sur, que comprende la depresión del Bierzo, con las zonas de Fabero, Sil y Bierzo.

En tonelaje seguro con que cuentan estas zonas son:

| <u>Subárea Norte</u> | <u>10³ t</u> | <u>10³ t</u> |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Tormaleo | 6.604 | |
| Carredo | 23.000 | |
| Villablino | 44.938 | 74.542 |
| | <hr/> | |
| <u>Subárea Sur</u> | | |
| Fabero | 29.165 | |
| Sil | 15.200 | |
| Bierzo | 28.234 | 72.599 |
| | <hr/> | |
| Total área de influencia | | 147.141 |
| | | <hr/> |

Los datos del tonelaje seguro de la Subárea Sur están obtenidos con los datos de explotación de 19 empresas. Los de la Subárea Norte con datos de tres empresas.

3.5.3 Combustible de diseño

Como ya se ha dicho, los combustibles que se van a utilizar son antracitas y hullas muy bajas de volátiles.

La mezcla de carbones que se piensa utilizar responden a la siguiente composición:

Análisis inmediato:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Humedad | 11,- | - |
| Carbono fijo | 47,2 | 55,- |
| Volátiles | 8,- | 9,- |
| Cenizas | 33,8 | 38,- |
| Poder calorífico superior | 4.390 kcal/kg | 4.950 kcal/kg |
| Poder calorífico inferior | 4.230 kcal/kg | - |

Análisis elemental:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 49,89 | 56,05 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,82 | 2,05 |
| Oxígeno (O ₂) | 2,16 | 2,40 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,62 | 0,70 |
| Azufre (S) | 0,71 | 0,80 |
| Cenizas | 33,80 | 38,00 |
| Humedad | 11,- | - |

Los márgenes de diseño son los siguientes:

| Análisis inmediato | <u>% Ponderal sobre seco</u> | |
|---------------------------------|------------------------------|---------------|
| | <u>Máximo</u> | <u>Mínimo</u> |
| Carbono fijo | 61,5 | 51,- |
| Volátiles | 13,- | 6,- |
| Cenizas | 46,- | 28,- |
| Azufre | 1,9 | 0,5 |
| Poder calorífico superior | 4.930 kcal/kg | 3.945 kcal/kg |

Con márgenes de humedad sobre el 15 % y 9 %.

| Análisis de cenizas: | <u>% Ponderal</u> |
|--------------------------------------|-------------------|
| Si O ₂ | 56,33 |
| Al ₂ O ₃ | 21,62 |
| Fe ₂ O ₃ | 8,54 |
| Mg O | 2,15 |
| Ca O | 3,71 |
| K ₂ O | 3,83 |
| Na ₂ O | 1,02 |
| S O ₃ | 2,27 |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa, con un contenido máximo de azufre del 3,6 %.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa con un máximo del 0,9 % de azufre.

3.5.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 19 y 20 se ve la evolución de los carbones adquiridos y consumidos por esta central.

La compra de carbón se inició ya el año 1980, aunque hasta fines del año 1982 no se arrancó el Grupo.

En el Cuadro 21 figuran las compras de combustibles líquidos que se empezaron a hacer el año 1982.

3.5.5 Nivel de emisiones

Los límites marcados a esta central son de 3.000 mg/m³ N de SO₂ y 700 mg/m³ N de partículas.

En la documentación del Proyecto se hace el cálculo de emisiones gaseosas en dos hipótesis diferentes. Sin exceso de oxígeno y sin paso a las cenizas del azufre, y con exceso del 25 % de oxígeno y paso de azufre a las cenizas. A efectos de comparación con este trabajo se resumen los resultados obtenidos en los Cuadros 22 y 23.

3.5.5.1 Humos

La caldera está diseñada para trabajar con las siguientes cargas y combustibles:

- 100 % Carbón de diseño
- 35 % Fueloil.

Como se viene haciendo, se estudiarán sólo las condiciones de emisión en la combustión de carbones.

CENTRAL TERMICA: ANILLARES Carbón Adquirido

| AÑOS | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | 8,90 | 5,20 | 5,40 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | 34,90 | 31,60 | 31,40 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | 10,50 | 8,10 | 7,90 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | 4.874 | 5.180 | 5.189 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | 264.807 | 439.971 | 498.238 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | 8,20 | 8,90 | 9,80 | 10,40 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | 31,10 | 31,40 | 30,40 | 29,30 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | 6,10 | 7,10 | 6,10 | 5,60 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | 5.013 | 4.975 | 4.955 | 4.994 |
| Cantidad t | - | - | - | - | 300.317 | 188.897 | 159.430 | 330.157 |

Fuente: OFICO.

CENTRAL TERLICA: A N L L A R E S Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | 5,00 | 5,40 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 31,40 | 31,40 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 8,30 | 8,10 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | 5.491 | 5.198 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | 27.039 | 592.407 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | 9,30 | 9,90 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 32,10 | 31,30 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 6,60 | 6,20 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | 5.360 | 4.895 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | 16.604 | 359.549 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 21

CENTRAL TERMICA: A N L L A R E S

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | - | - |
| 1975 | - | - |
| 1976 | - | - |
| 1977 | - | - |
| 1978 | - | - |
| 1979 | - | - |
| 1980 | - | - |
| 1981 | - | - |
| 1982 | 3.452 | 227 |
| 1983 | 7.623 | - |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

CALCULOS DE COMBUSTION (O% DE EXCESO DE AIRE Y SIN DESCONTAR S EN CENIZAS)

| Análisis de Carbón (% en peso) | Oxígeno Requerido (Kg/Kg combustible) | Gases Producto Combustión | Peso Gases (Kg/Kg carbón) | Porcentaje Peso Gas (%) | Volumen Gas (Nm ³ /Kg carbón) | Porcentaje Volumen Gas (%) |
|-----------------------------------|--|---|------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|
| C 49,80% | 1,3304 | CO ₂ ... | 1,8293 | 26,28 | 0,9253 | 18,00 |
| H ₂ 1,82% | 0,1456 | H ₂ O(de l H ₂). | 0,1638 | 3,93 | 0,3405 | 6,62 |
| H ₂ O 11,00% | - | H ₂ O ... | 0,1100 | | | |
| O ₂ 2,16% | - 0,0216 | - | 4,8443 | 69,59 | 3,8723 | 75,29 |
| N ₂ 0,62% | - | N ₂ | 0,0142 | 0,20 | 0,0044 | 0,10 |
| S 0,71% | 0,0071 | SO ₂ ... | | | | |
| Cenizas ... 33,80% | | | | | | |
| Totales | 1,4615 | Totales | 6,9616 | 100 | 5,1430 | 100 |

Nivel de Emisión de SO₂ : 0,0142 Kg SO₂/Kg carbón x 10⁶ mg / 5,1430 m³N/Kg carbón = 2760 mg SO₂/m³N

$$\frac{338 \text{ gr cenizas}}{\text{Kg carbón}} \times \frac{100-20}{100} \times \frac{100-99,6}{100} \times 10^3 \text{ mg}$$

Nivel de Emisión de partículas: $\frac{338 \text{ gr cenizas}}{\text{Kg carbón}} \times \frac{100-20}{100} \times \frac{100-99,6}{100} \times 10^3 \text{ mg} = 210 \text{ mg parti/Nm}^3 \text{ gas}$
 5,1430 Nm³/Kg carbón

CALCULOS DE COMBUSTION (25% DE EXCESO DE AIRE Y DESCONTANDO S DE CENIZAS)

| Análisis de Carbón (% en peso) | Oxígeno Requerido (Kg/Kg combustible) | Gases Producto Combustión | Peso Gases (Kg/Kg carbón) | Procentaje Peso Gas (%) | Volumen Gas (Nm ³ /Kg carbón) | Porcentaje Volumen Gas (%) |
|-----------------------------------|--|--|------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|
| C 49,89% | 1,3304 | CO ₂ | 1,8293 | 21,48 | 0,9253 | 14,57 |
| H ₂ 1,82% | 0,1456 | H ₂ O (del H ₂) | 0,1638 | 3,21 | 0,3405 | 5,36 |
| H ₂ O 11,00% | - | H ₂ O | 0,1100 | | | |
| O ₂ 2,16% | - 0,0216 | O ₂ | 0,3646 | 4,28 | 0,2551 | 76,00 |
| N ₂ 0,62% | - | N ₂ | 6,0410 | 70,93 | 4,8289 | 0,04 |
| S 0,71% | 0,0040 | SO ₂ | 0,0080 | 0,09 | 0,0027 | 4,02 |
| Cenizas ... 33,80% | | | | | | |
| Totales | 1,4584 | Totales | 8,5167 | 100 | 6,3525 | 100 |

Nivel de emisión de SO₂: 0,008 Kg SO₂/Kg carbón x 10⁶ mg / 6,3525 Nm³ / Kg carbón = 1260 mg SO₂/Nm³ gas

Nivel de emisión de partículas: $\frac{338 \text{ gr cenizas}}{\text{kg carbón}} \times \frac{100-20}{100} \times \frac{100-99,6}{100} \times 10^3 \text{ mg} = 170 \text{ mg partículas/Nm}^3 \text{ gas}$
 6,3525 Nm³ gas/kg carbón

- a) Combustión de carbones. En el proyecto se hace el estudio de emisiones antes citado, apoyándolo en el carbón de diseño cuyas composiciones elementales ya se han consignado.

En todas las centrales de este trabajo se ha tomado como año de comparación el de 1982, pero como ese año esta central no hizo mas que ponerse en marcha, el año de referencia adoptado será el de 1983.

Ese año se quemaron hullas y antracitas cuya composición ponderal en el análisis inmediato es la siguiente:

| | | Hulla antracitosa | Antracita | Mezcla |
|------------------|---------|-------------------|-----------|---------|
| Cantidad bruto | t | 592.407 | 359.549 | 951.956 |
| Humedad | % | 5,40 | 9,90 | 7,10 |
| Cantidad seco | t | 560.417 | 323.954 | 884.367 |
| Carbono s.m.s. | % | 60,50 | 62,50 | 61,23 |
| Volátiles s.m.s. | % | 8,10 | 6,20 | 7,40 |
| Cenizas s.m.s. | % | 31,40 | 31,30 | 31,36 |
| P.c.s. | kcal/kg | 5.198 | 4.895 | 5.084 |

Esta composición la tomaremos para establecer el análisis elemental.

El contenido de los diferentes elementos se reajusta de acuerdo con esta última proporción en cenizas de los carbones consumidos, y se acepta que el contenido de azufre sea el del carbón de diseño.

| | Carbón diseño <u>Memoria 1981</u> | Carbón consumido <u>Dato elaborado</u> |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|
| Carbono (C) | 56,05 | 62,13 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,05 | 2,27 |
| Oxígeno (O ₂) | 2,40 | 2,66 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,70 | 0,78 |
| Azufre (S) | 0,80 | 0,80 |
| Genizas | 38,00 | 31,36 |
| Humedad | - | 7,10 |

C₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6213 = 2,278 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,6213 = 1,160 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,008 = 0,016 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,008 = 0,006 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta } & \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6213 + \frac{32}{32} \cdot 0,008 + \frac{16}{2} \cdot 0,0227 - 0,0266 \right) = \\ & = 1,843 \text{ kcal/kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{\text{O}_2} = 1,843 \cdot 0,25 = 0,461 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,461 = 0,323 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

Agua aportada por el combustible $\frac{7,1}{92,9} = 0,076 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$

Agua producida en combustión del H₂:

$\frac{18}{2} \cdot 0,0227 = 0,204 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$

$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,076 + 0,204 = 0,280 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$

$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,280 = 0,348 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg carbón seco.}$

N₂ en humos:

$P_{\text{N}_2} = 0,0078 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,843 = 7,720 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$

$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 7,720 = 6,176 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | Kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|------|--------------------------------|------|
| CO ₂ | 2,278 | 21,2 | 1,160 | 14,5 |
| SO ₂ | 0,016 | 0,1 | 0,006 | 0,1 |
| H ₂ O | 0,280 | 2,6 | 0,348 | 4,3 |
| O ₂ | 0,461 | 4,3 | 0,323 | 4,0 |
| N ₂ | 7,720 | 71,8 | 6,176 | 77,1 |
| Totales | 10,755 | - | 8,013 | - |

Densidad de humos: $\frac{10,765}{8,013} = 1,342 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$

3.5.5.2 Partículas

Como en el año 1982 de comparación adoptado, no estaba en servicio esta central, se parte para el cálculo de emisiones de las del año 1983.

Por otra parte, aunque en los cuadros de consumos de OFICO se dan por separado los de antracitas y semihullas, para los efectos de cálculo, se supone que se ha consumido una mezcla homogeneizada de estas dos calidades.

Se respeta la misma proporción entre escorias y cenizas volantes del 15 %, 5 % y 80 %, siendo esta la que entra en el precipitador electrostático. Estas cifras difieren de las del Proyecto, en el que se ha supuesto que sólo el 65 % del total de cenizas pasa al precipitador.

Esta última instalación es de la casa Rothemühle, con dos cámaras horizontales independientes en paralelo, y con un rendimiento del 99,594%.

En el Cuadro 24 se recogen los datos de emisiones de partículas.

Como se ve, el nivel de emisión de partículas es de:

$$28,7 \cdot 10^3 / 227,832 = 125,97 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

inferior a los 700 mg/m³ N que debe cumplir esta central.

3.5.5.3 Gases sulfurosos

No se cuenta en esta central con los partes de efluentes gaseosos, por lo que se ha aceptado el contenido en azufre del combustible de diseño.

Como el año 1983 se quemaron 951.952 toneladas de carbón bruto con un contenido de azufre del 0,8/0,939 = 0,85 % y 7.623 toneladas de fuel con un contenido de azufre del 3,28 %, los vapores de SO₂ emitidos fueron:

$$2 (951.956 \cdot 0,0085 + 7.623 \cdot 0,0328) = 16.683 \text{ t de SO}_2$$

CENTRAL TERMICA DE AHILLAROS
 DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1983

| CONCEPTOS | | GRUPO I | | |
|--|----------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| POTENCIA | MWe | MEZCLA PULLA Y ANTRACITA | FUEL-OIL | SUMA |
| | | 360 | | |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 951,956 | 7,623 (2) | - |
| Humedad (1) | % | 7,10 | - | - |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | 884,367 | - | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 31,36 | - | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | 277,337 | - | - |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | 41,600 | - | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | 13,867 | - | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | 221,870 | - | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | % | 99,594 | - | - |
| Particulas que salen por la chimenea | Kg | 900.792 | - | - |
| Emisión de particulas (3) | gr/s | 28,7 | - | - |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón | 8,013 | 12,921 | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | 7.086,433 | 98,497 | 7.184,930 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | 224,709 | 3,123 | 227,832 |
| Nº de chimeneas | u | | | 1 |
| Altura de la chimenea | m | | | 150 |

(1) Datos partes de OPTICO
 (2) Previsional.
 (3) 1 año 31.536 x 10³ segundos

la emisión media del año fué:

$$16.683 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 529.014 \text{ mg/seg.}$$

por tanto, la emisión por unidad de volumen resultante es:

$$529.014 / 227.832 = 2.322 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

que queda por debajo de los 2.400 mg admitidos y, por tanto, no se estudia el supuesto de que parte del azufre queda retenido en las cenizas en forma de sulfato.

3.5.6 Nivel de inmisiones

Con el fin de realizar los estudios de dispersión en el funcionamiento de la central, se ha instalado una estación meteorológica de 10 metros de altura en la que se podrán medir: dirección y velocidad del viento; temperatura; humedad; lluvia; radiación solar. Esa observación será continua y se completará con sondeos termodinámicos periódicos.

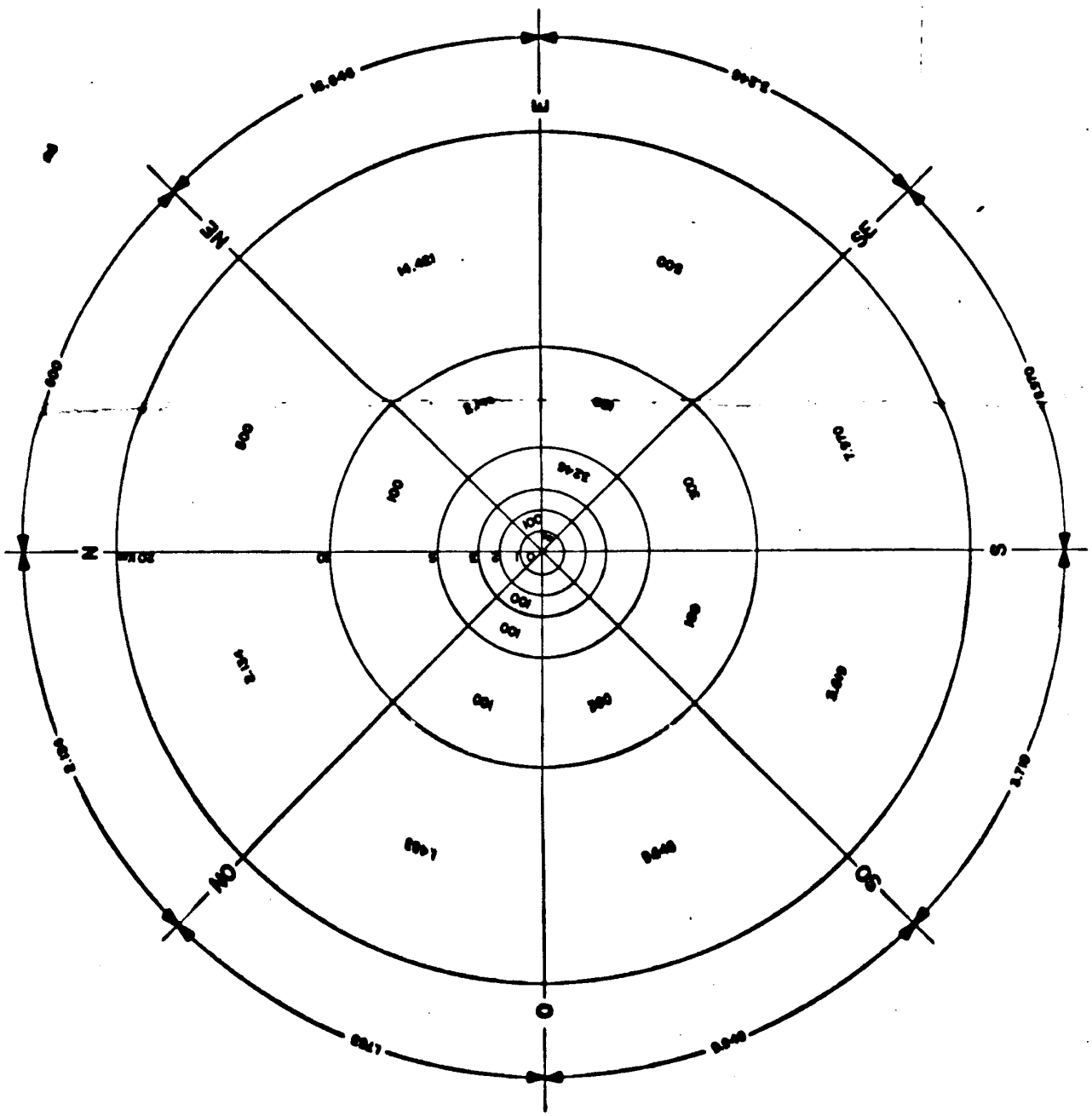
En la chimenea se instalará un opacímetro y un medidor automático y continuo de SO_2 con registrador incorporado. Se habilitarán también orificios para poder efectuar muestreos de polvo con sonda isocinética.

Se instalarán ocho estaciones de medida de SO_2 y partículas, repartidas en un radio de 1, 2, 4 y 8 km de la central. La instalación no será definitiva hasta haber contrastado las mediciones provisionales.

En el Plano 11 figura la distribución radial de la población dentro de los perímetros indicados.

DISTRIBUCION DE POBLACION ALREDEDOR DEL EMPLANTO

ESCALA 1:200,000



| MANTANTES DEBE EL ORIGEN (1.870) | | MANTANTES ENTRE RADIOS (1.870) | |
|----------------------------------|----|--------------------------------|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 11 | 11 | 11 |
| 12 | 12 | 12 | 12 |
| 13 | 13 | 13 | 13 |
| 14 | 14 | 14 | 14 |
| 15 | 15 | 15 | 15 |
| 16 | 16 | 16 | 16 |
| 17 | 17 | 17 | 17 |
| 18 | 18 | 18 | 18 |
| 19 | 19 | 19 | 19 |
| 20 | 20 | 20 | 20 |
| 21 | 21 | 21 | 21 |
| 22 | 22 | 22 | 22 |
| 23 | 23 | 23 | 23 |
| 24 | 24 | 24 | 24 |
| 25 | 25 | 25 | 25 |
| 26 | 26 | 26 | 26 |
| 27 | 27 | 27 | 27 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |
| 29 | 29 | 29 | 29 |
| 30 | 30 | 30 | 30 |

3.6 COMPOSTILLA II

3.6.1 Descripción

La ampliación de esta Central con un Grupo IV de 350 Mw de potencia máxima continua, se montará junto a la actual Central, que tiene ya instalados los Grupos I y II de 140 Mw cada uno y el Grupo III de 330 Mw.

La Central está situada a unos 8 km al Norte de Ponferrada, en el término municipal de Cubillos del Sil, provincia de León, y en sus proximidades se encuentra el embalse de Bárcena, en el río Sil, que constituye la aportación fundamental de agua para su funcionamiento. Las instalaciones quedan dispuestas en un valle relativamente abierto y amplio. - (Plano 12).

Esta central, junto a otras instalaciones próximas a ella, justifica sus ampliaciones en el deseo de incrementar la energía eléctrica generada con materias primas nacionales y de impulsar las posibilidades de utilizar más extensiva y racionalmente los combustibles de la zona.

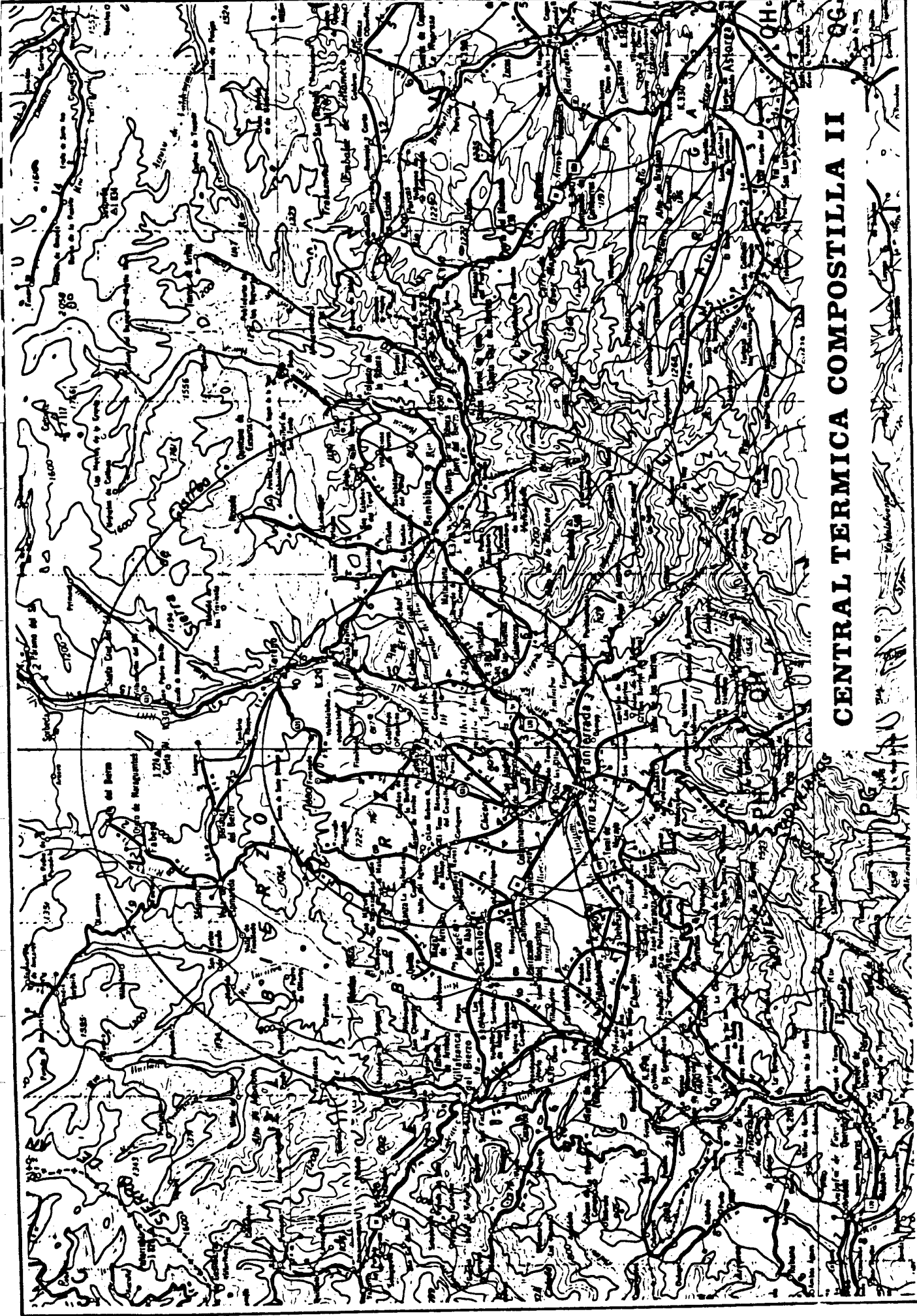
el nuevo Grupo IV constará de una turbina de fabricación combinada Westinghouse-Bazán, capaz de producir 350 Mw, con una primera alimentación de vapor sobrecalentado a 538° y 162 kg/cm² y otra intermedia de vapor recalentado a 538° y 40 kg/cm².

El alternador es un Westinghouse, refrigerado con hidrógeno, de 390 Mva con tensión en bornes de 18 kv.

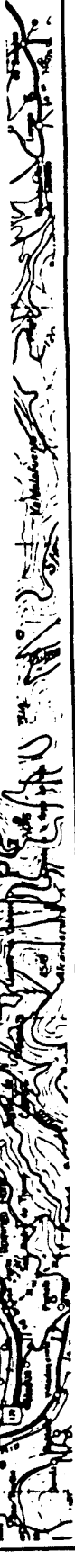
El consumo específico para este Grupo IV es de 1.910 kcal/kwh.

El agua de refrigeración procede del pantano de Bárcena, y se toma del mismo canal que los Grupos actuales y como no se puede trabajar en circuito abierto, se montará una torre de refrigeración hiperbólica de tiro natural, de 111 m de altura y diámetros de 83 m; 40,4 m; y 50,3 m en la base, garganta y coronación. El gasto es de 10.833 m³/seg.

La caldera ha sido diseñada por Foster-Wheeler y fabricada en colaboración con la Maquinista Terrestre y Marítima. Está proyectada para que-



CENTRAL TERMICA COMPOSTILLA II



mar antracitas y hullas bajas de volátiles con tiro natural asistido. Su capacidad nominal es de 1.100 t/hora de vapor a 169 kg/cm² y 540 °C, con un recalentamiento intermedio de 910 t/hora a 540 °C y 40 kg/cm². El rendimiento es del 86,89 % sobre el poder calorífico superior

Los estudios sobre inmisiones y dispersión de partículas condujeron a la construcción de una chimenea de 270 metros de altura y 7,5 metros de diámetro en la boca de salida.

El carbón llega por ferrocarril en trenes completos de 16 unidades que descargan en marcha a un ritmo de 600 t/hora o bien por camiones a un ritmo de 150 t/hora. La función del parque será doble. La regulación entre minas y central y la de homogeneización de los carbones en caso necesario. La ampliación actual del parque permitirá apilar hasta un millón de toneladas, lo que asegura una autonomía teórica de 50 días trabajando los cuatro grupos a plena marcha.

Para almacenar el fueloil se dispondrá un depósito de 5.230 m³ y para el gasoleo dos depósitos de 1.600 m³ cada uno.

3.6.2 Cuenca carbonífera

Hasta que no se montó la vecina central de Anllares, esta central térmica era la única compradora de los carbones de la zona Noroeste de la provincia de León y Sur de la provincia de Asturias.

Entre los suministradores había cuatro que aportaban más de 100 mil toneladas al año, otros cinco servían entre 50 y 100 mil toneladas, diez servían entre 25 y 50 mil toneladas y por debajo de esta cifra hasta cincuenta empresas.

Los estudios geológicos de las zonas citadas dan como reservas seguras unas cifras que oscilan entre los 115 millones y 143 millones de toneladas, que a un ritmo de consumo de 3.500.000 toneladas en esta central y 1.000.000 en la de Anllares, garantizan una vida útil entre 25 y 32 años a ambas centrales, que probablemente será mayor si los tres primeros Grupos de esta central se reemplazan, como se ha previsto, por un nuevo Grupo V gemelo del Grupo IV.

Para no hacer demasiado prolija esta exposición no se incorporan los análisis oficiales de los carbones de diferentes minas, en los que se ve que su contenido en cenizas oscila entre 26,5 % y 39 %, siendo la media de lo consumido el año 1982 por esta central del 33,6 % sobre muestra seca.

El contenido de azufre de estas antracitas y hullas secas gira alrededor del 1 %, pero hay zonas como la de Fabero y Alto Bierzo en que se rebasa esta cifra, sobrepasando el 1,5 %. En todo caso el azufre fijo en los análisis es muy bajo, del orden del 0,03 %, siendo por lo general el más representativo el azufre pirítico.

3.6.3 Combustible de diseño

La mezcla de hullas y antracitas que se considera como de referencia tiene las siguientes composiciones:

Análisis inmediato:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Humedad | 11,- | - |
| Carbono fijo | 47,2 | 53,- |
| Volátiles | 8,- | 9,- |
| Cenizas | 33,8 | 38,- |
| Poder calorífico superior kcal/kg .. | 4.390 | 4.930 |
| Poder calorífico inferior kcal/kg .. | 4.230 | - |

Análisis elemental:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 49,89 | 56,05 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,82 | 2,05 |
| Oxígeno (O ₂) | 2,16 | 2,40 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,62 | 0,70 |
| Azufre (S) | 0,71 | 0,80 |
| Cenizas | 33,80 | 38,00 |
| Humedad | 11,00 | - |

Los márgenes de diseño son los siguientes:

| | <u>‰ Ponderal sobre seco</u> | |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------|
| | <u>Máximo</u> | <u>Mínimo</u> |
| Carbono fijo | 61,5 | 51,- |
| Volátiles | 13,- | 6,- |
| Cenizas | 46,- | 28,- |
| Azufre | 1,9 | 0,5 |
| Poder calorífico superior kcal/kg.. | 4.930 | 3.945 |
| Con márgenes de humedad entre el .. | 15 ‰ y el | 9 ‰ |

Análisis de cenizas:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|--------------------------------------|-------------------|
| Si O ₂ | 56,33 |
| Al ₂ O ₃ | 21,62 |
| Fe ₂ O ₃ | 8,54 |
| Mg O | 2,15 |
| Ca O | 3,71 |
| K ₂ O | 3,83 |
| Na ₂ O | 1,02 |
| S O ₃ | 2,27 |

El fuel consumido en el pesado n° 2 de Campsa, con un contenido en azure del 3,6 ‰.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa con un máximo del 0,9 ‰ de azufre.

3.6.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 25 y 26 se ve la evolución de los carbones adquiridos y consumidos por esta central. En los consumos se ve el tirón que sobre la demanda de antracita provocó el año 1982 la entrada en servicio del Grupo IV.

En el Cuadro 27 figuran las compras de combustibles líquidos en los últimos años.

CENTRAL TERERICA: COMPOSTILLA II

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | % 9,75 | 10,84 | 11,09 | 10,30 | 9,20 | 10,40 | 12,10 | 12,80 |
| Cenizas s.m.s. | % 31,60 | 31,98 | 32,42 | 32,10 | 33,00 | 34,10 | 35,90 | 33,90 |
| Volátiles s.m.s. | % 11,81 | 11,39 | 11,23 | 10,90 | 10,40 | 10,80 | 11,90 | 12,10 |
| P.C.S. | kcal/kg 5.051 | 4.960 | 4.916 | 4.960 | 4.956 | 4.802 | 4.606 | 4.733 |
| Cantidad | t 1.264.905 | 1.311.974 | 1.482.431 | 1.260.723 | 1.191.817 | 1.282.442 | 773.860 | 707.451 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | % 10,53 | 10,35 | 9,62 | 10,20 | 9,80 | 9,90 | 8,90 | 9,00 |
| Cenizas s.m.s. | % 34,22 | 33,58 | 31,54 | 31,40 | 32,80 | 32,80 | 32,70 | 32,10 |
| Volátiles s.m.s. | % 6,38 | 6,91 | 6,78 | 6,30 | 6,20 | 7,10 | 6,70 | 6,70 |
| P.C.S. | kcal/kg 4.626 | 4.694 | 4.894 | 4.853 | 4.796 | 4.792 | 4.838 | 4.884 |
| Cantidad | t 1.455.627 | 1.478.262 | 1.644.091 | 1.639.668 | 1.505.263 | 2.272.591 | 2.373.029 | 2.482.261 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERCIICA: COMPOSTILLA II Carbón Consumido

| AÑOS | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 9,61 | 9,71 | 10,51 | 6,90 | 5,80 | 7,10 | 6,60 | 8,20 |
| Genizas s.m.s. | 31,69 | 31,60 | 31,80 | 32,10 | 30,70 | 33,40 | 35,00 | 35,30 |
| Volátiles s.m.s. | 11,66 | 11,80 | 11,20 | 11,10 | 10,40 | 10,40 | 10,80 | 11,20 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.065 | 5.063 | 4.895 | 5.163 | 5.327 | 5.022 | 4.927 | 4.865 |
| Cantidad t | 1.047.188 | 997.202 | 871.138 | 888.116 | 905.251 | 947.460 | 769.915 | 773.895 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 10,31 | 10,49 | 10,23 | 9,20 | 9,70 | 9,80 | 8,90 | 8,70 |
| Genizas s.m.s. | 33,95 | 32,96 | 31,87 | 31,40 | 32,70 | 33,20 | 33,20 | 32,60 |
| Volátiles s.m.s. | 6,92 | 7,01 | 6,36 | 6,50 | 7,60 | 6,00 | 7,10 | 7,10 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.674 | 4.744 | 4.823 | 4.930 | 4.828 | 4.725 | 4.814 | 4.913 |
| Cantidad t | 1.144.257 | 1.083.104 | 1.090.726 | 1.355.091 | 1.233.501 | 1.390.461 | 2.395.872 | 2.652.383 |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 27

CENTRAL TERMICA: COMPOSTILLA II

Combustibles líquidos consumidos

| AÑOS | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|------|-----------------|---------------|
| 1974 | 17.085 | 610 |
| 1975 | 10.700 | 681 |
| 1976 | 12.310 | 227 |
| 1977 | 9.989 | 153 |
| 1978 | 9.960 | 258 |
| 1979 | 8.968 | 188 |
| 1980 | 9.802 | 286 |
| 1981 | 15.356 | 506 |
| 1982 | 19.897 | 3.576 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

3.6.5 Nivel de emisiones

Los niveles impuestos a esta central son $700 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ para las partículas y $3.000 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ para el SO_2 para el Grupo IV, y de $350 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ y $2.400 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$, respectivamente, para los otros Grupos.

En el Proyecto y basados en consideraciones sobre las condiciones de combustión de esta caldera en el supuesto de que se trabaje con un 25 % de aire de combustión, se calcula que el volumen de gases emitidos a partir de 1 kg de carbón bruto, es de $7,205 \text{ m}^3 \text{ N}$, con la siguiente composición volumétrica:

| | <u>% volumétrico</u> |
|---|---|
| Anhidrido carbónico (CO_2) | 12,72 |
| Dióxido de azufre (SO_2) | 0,09 |
| Oxígeno (O_2) | 5,92 |
| Nitrógeno (N_2) | 75,38 |
| Agua (H_2O) | 5,89 |
| Peso molecular | 29,75 g/g-mol. |
| Peso específico | 1.327,— $\text{kg/m}^3 \text{ N}$ |
| Calor específico | 0,334 $\text{kcal/m}^3 \text{ N } ^\circ\text{C}$ |
| Calor específico | 0,250 $\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}$ |

Los componentes de las escorias y cenizas volantes de esta central son:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| | <u>Escoria Hogar</u> | <u>Ceniza volante</u> |
| Pérdida calcinación | 9,8 | 6,28 |
| Análisis sobre muestra calcinada: | | |
| Sílice (Si O_2) | 55,10 | 54,85 |
| Oxido de hierro ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$) | 9,43 | 8,32 |
| Oxido de aluminio ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) | 22,49 | 26,69 |
| Oxido cálcico (Ca O) | 4,03 | 2,04 |
| Oxido magnésico (Mg O) | 2,27 | 2,08 |
| Oxido sódico ($\text{Na}_2 \text{O}$) | 1,12 | 0,91 |
| Oxido potásico ($\text{K}_2 \text{O}$)..... | 3,48 | 3,86 |

De acuerdo con el Proyecto, el consumo horario del carbón de diseño para el Grupo IV de 350 Mw será, a plena carga, de 189 toneladas/hora. Por tanto, el volumen de humos emitido será de:

$$189 \cdot 7.205 = 1,362 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ N/hora.}$$

Con el consumo normal de carbón puede estimarse una emisión horaria de SO_2 del orden de 3,5 toneladas. Esto significa que la concentración de SO_2 alcanzada en los humos será de $2.550 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$, que está por encima de los límites admisibles.

Las emisiones así consignadas corresponden a hipótesis de proyecto, pero los obtenidos de acuerdo con la marcha de esta central a lo largo del año 1982 se estudian a continuación.

3.6.5.1 Humos

Como en la central se quema carbones y fuel, se analiza la combustión de los primeros porque la del segundo combustible en cuanto a volumen de gases generados se da ya por estudiada.

a) Combustión del carbón

El primer paso es el de adaptar la composición del carbón de diseño a los contenidos de azufre y cenizas del carbón consumido el año 1982.

| | | Hulla <u>antracitosa</u> | Antracita | Mezcla |
|------------------|---|-----------------------------|-----------|-----------|
| Cantidad bruto | t | 769.915 | 2.395.872 | 3.165.787 |
| Humedad | % | 6,60 | 8,90 | 8,30 |
| Cantidad seco | t | 718.331 | 2.184.696 | 2.903.029 |
| Carbono s.m.s. | % | 54,20 | 59,70 | 58,30 |
| Volátiles s.m.s. | % | 10,80 | 7,10 | 8,10 |
| Cenizas s.m.s. | % | 35,00 | 33,20 | 33,60 |

El reajuste de la composición elemental es el siguiente:

| | <u>Carbón diseño</u> <u>Memoria 1980</u> | <u>Carbón consumido</u> <u>Dato elaborado</u> |
|-----------------------------------|---|--|
| Carbono (C) | 56,05) | 58,3) |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,05) | 2,8) |
| Oxígeno (O ₂) | 2,40) | 3,3) |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,70) | 0,9) |
| Azufre (S) | 0,80) | 1,1) |
| Cenizas | 38,00) | 33,6) |
| Humedad | - | 8,3 |

} 100 = 100

CO₂ en humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,583 = 2,134 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,583 = 1,088 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,011 = 0,022 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,011 = 0,008 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta } \left(\frac{32}{12} \cdot 0,583 + \frac{32}{32} \cdot 0,011 + \frac{16}{2} \cdot 0,028 - 0,033 \right) =$$

$$= 1,785 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 1,785 \cdot 0,25 = 0,446 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,446 = 0,312 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible } \frac{8,3}{91,7} = 0,091 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

Agua producida en la combustión del H_2 :

$$\frac{18}{2} \cdot 0,028 = 0,252 \text{ kg } H_2O/\text{kg carbón seco.}$$

$$P_{H_2O} = 0,091 + 0,252 = 0,343 \text{ kg } H_2O/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} + 0,343 = 0,426 \text{ m}^3 H_2O/\text{kg carbón seco.}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,009 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,785 = 7,479 \text{ kg } N_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 7,479 = 5,983 \text{ m}^3 N_2/\text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,134 | 20,47 | 1,088 | 13,92 |
| SO ₂ | 0,022 | 0,21 | 0,008 | 0,10 |
| H ₂ O | 0,343 | 3,29 | 0,426 | 5,45 |
| O ₂ | 0,446 | 4,28 | 0,312 | 3,99 |
| N ₂ | 7,479 | 71,75 | 5,983 | 76,54 |
| Total | 10,424 | - | 7,817 | - |

Que es algo superior a los admitidos en el proyecto por haber partido en este cálculo de carbón seco.

$$\text{Densidad de humos} = \frac{10,424}{7,817} = 1,334 \text{ kg/m}^3 N$$

3.6.5.2 Partículas

Aunque en los cuadros de OFICO se dan por separado los consumos de antracitas y semihullas, desde el punto de vista de la combustión se ha tomado la mezcla ponderal. En la práctica puede que esto no sea así, pero son detalles de la marcha de la central que no se pueden recoger en este trabajo.

Igualmente se ha supuesto que el reparto de escorias y cenizas volantes sea igual en las cuatro calderas y que el rendimiento de los precipitadores de polvo sea el mismo.

El precipitador electrostático del Grupo IV es de la firma Rothemühle de tipo horizontal, con dos cámaras independientes en paralelo con ocho campos de precipitación cada uno.

Hay que advertir que los precipitadores que se van a montar en los Grupos I a III son de la Sociedad ELEX A.G. de Zurich, para los que la firma garantiza un rendimiento del 99,64 %, mayor que el que se ha considerado.

En los Cuadros 28 y 29 se recogen los datos sobre emisión de partículas correspondientes al año 1982.

Bajo el punto de vista de tonelaje expulsado a la atmósfera por segundo, las emisiones de los cuatro grupos son aditivas.

En cuanto a las emisiones por unidad de volumen los resultados son iguales para cualquiera de los cuatro grupos, ya que se parte de idénticos supuestos de combustión y concentración de cenizas volátiles.

Si se toman los datos correspondientes al Grupo IV, el nivel de emisiones de partículas será:

$$32,1 \cdot 10^3 / 230,18 = 139 \text{ mg/m}^3 \text{ N,}$$

inferior a los 700 mg/m³ N que debe cumplir este Grupo IV.

Para los otros tres, como el nivel estaba fijado en 350 mg/m³ N, también se respetan los límites, siempre y cuando se monten los precipitadores electrostáticos proyectados.

3.6.5.3 Gases sulfurosos

La influencia de la combustión del fuel en diferentes proporciones - para cada una de las calderas, no permite homogeneizar para todas

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO I | | | GRUPO II | |
|--|-------------------|----------------|-----|-------------------|----------------|
| | HULLA Y ANTRACITA | FUEL Y GASOLEO | 141 | HULLA Y ANTRACITA | FUEL Y GASOLEO |
| POTENCIA | | | 141 | | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 444,170 | 2,025 (2) | | 585,960 | 2,625 (2) |
| Humedad (1) | 8,3 | - | | 8,3 | - |
| Consumo anual sobre seco | 407,304 | - | | 537,325 | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 33,6 | - | | 33,6 | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 136,854 | - | | 180,541 | - |
| 15 % Escorias | 20,528 | - | | 27,081 | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 6,843 | - | | 9,027 | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 109,483 | - | | 144,433 | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 99,594 | - | | 99,594 | - |
| Partículas que salen por la chimenea | 444,509 | - | | 586,398 | - |
| Emisión de partículas (3) | 14,1 | | | 18,6 | |
| Gases de combustión (4) | 7,817 | 12,921 | | 7,817 | 12,921 |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 3.183,895 | 26,165 | | 4.200,270 | 33,918 |
| Caudal de humos (3) | 100,961 | 0,830 | | 133,190 | 1,075 |
| Nº de chimeneas | | 1 | | 1 | 1 |
| Altura de la chimenea | | 76,20 | | 76,20 | 76,20 |

(1) Datos de CENCO y del I. I. I. Hidrocarburos

(2) Estimado

(3) 1 año 31.536 x 10³ segundos.

GENERAL QUÍMICA DE COMPOSILLA II
DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO III | | GRUPO IV | |
|--|------------------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|
| | 330 | 350 | FUELLA Y APTRACITA | FUELLA Y GASOLEO |
| POTENCIA | MWe | | | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 4,650 (2) | 1.011,950 | 14,173 (2) |
| Humedad (1) | % | - | 8,3 | - |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | - | 927,958 | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | - | 33,6 | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | - | 311,794 | - |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | - | 46,769 | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | - | 15,590 | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | - | 249,435 | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | % | - | 99,594 | - |
| Partículas que salen por la chimenea | Kg | - | 1.012.706 | - |
| Emisión de partículas (3) | gr/s | | 32,1 | |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón/fuel | | 7,817 | 12,921 |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | | 8.054,965 | 60,083 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | | 255,421 | 1,905 |
| Nº de chimeneas | u | | 1 | 1 |
| Altura de la chimenea | m | | 120 | 270 |

(1) Datos de OPICO y del I.M. Hidrocarburos

(2) Estiados

(3) 1 año = 31.536 x 10³ segundos

ellas las emisiones de estos gases y se forma el siguiente cuadro:

| | | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV |
|--------------------------|--------------------------------------|---------|----------|-----------|----------|
| Carbón seco quemado | t | 407.304 | 537.325 | 1.030.442 | 927.958 |
| Contenido de azufre | % | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Azufre quemado | t | 4.480 | 5.911 | 11.334 | 10.203 |
| Fuel quemado | t | 2.025 | 2.625 | 4.650 | 14.173 |
| Contenido de azufre | % | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Azufre quemado | t | 73 | 95 | 167 | 510 |
| Azufre total quemado | t | 4.553 | 6.006 | 11.501 | 10.713 |
| SO ₂ generado | t | 9.006 | 12.012 | 22.002 | 21.426 |
| Emisión media al año | mg/s | 185.578 | 380.898 | 697.679 | 679.414 |
| " " " " " | m ³ N/s | 100,961 | 133,190 | 255,421 | 230,180 |
| Emisión | mg SO ₂ /m ³ N | 2.829 | 2.860 | 2.731 | 2.952 |

Resultados que para los tres primeros grupos está por encima de los límites admitidos, pero no para el Grupo IV.

Si suponemos que el azufre que pasa a las cenizas es el 6 % del quemado, las reducciones serían:

| | Grupo I | Grupo II | Grupo III | Grupo IV | |
|---------------------------------------|--|----------|-----------|----------|-------|
| SO ₂ generado carbones ... | 8.422 | 11.113 | 21.308 | 19.181 | |
| SO ₂ generador fuel | 146 | 180 | 334 | 1.020 | |
| SO ₂ total | 8.568 | 11.293 | 21.642 | 20.201 | |
| Emisión | mg SO ₂ /m ³ N | 2.691 | 2.689 | 2.686 | 2.783 |

Todos los Grupos, menos el último, siguen estando por encima de los límites.

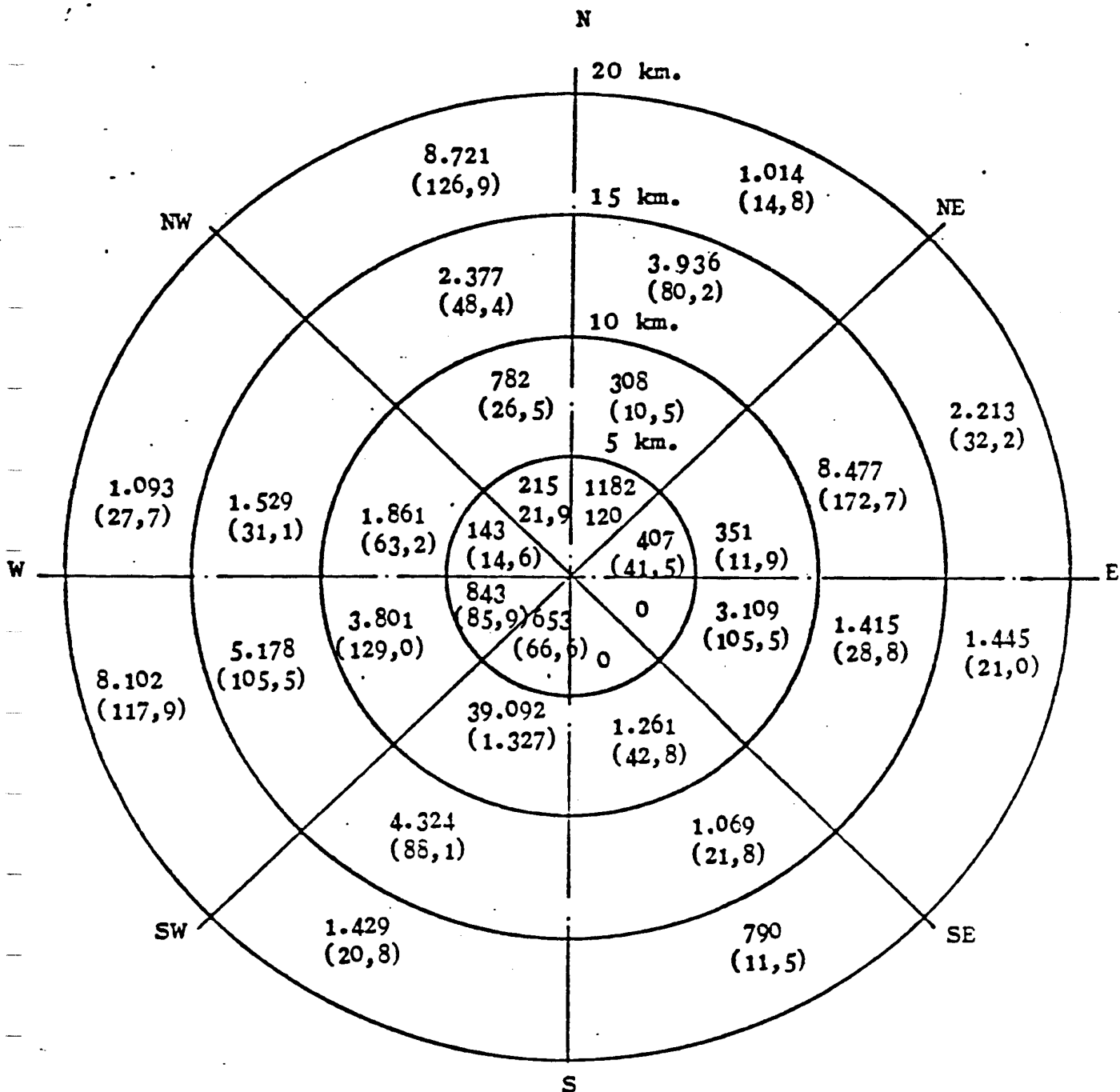
3.6.6 Nivel de inmisiones

A fin de determinar los parámetros atmosféricos directamente relacionados con la difusión de contaminantes, existe una estación meteorológica montada sobre una torre metálica de 60 metros de altura, que determinará la temperatura ambiente y su gradiente vertical, velocidad, dirección azimutal y elevación del viento. Indices de turbulencia. Radiación solar y humedad relativa. Los niveles suministrados por los sensores se recogerán y tratarán en un proceso de datos.

Se montará una red de ocho estaciones ubicadas en un radio de 8 km al rededor de la planta.

En el Plano 13 figura la distribución radial de la población dentro del perímetro indicado.

Distribución de la población en los alrededores de la Central
Térmica de Compostilla II



Las cifras indican el número de habitantes del sector - considerado (los valores entre paréntesis representan - la densidad relativa de población en habitantes/km²).

Las orientaciones van referidas a los ejes Lambert.

3.7 LA ROBLA

3.7.1 Descripción

La ampliación de esta Central con un Grupo II de 350 Mw de potencia, se montará junto a la actual, que ya tiene instalado el Grupo I de 270 Mw.

La central está situada en el término municipal de La Robla, en la provincia de León, muy cerca del casco urbano de esa localidad, en la margen izquierda del río Bernesga y entre éste y la carretera C.N. 630 de Adanero a Gijón, de cuyo km 350 salen las dos derivaciones de acceso a la misma.

La Robla, a 20 km de León, es una ciudad bien comunicada por ferrocarril de RENFE y el de vía estrecha de su nombre que bordea al sur la cordillera cantábrica y que llega hasta Bilbao (Planos 14 y 15). Lo mismo ocurre con los enlaces por carretera con las diferentes explotaciones mineras del Norte de la provincia.

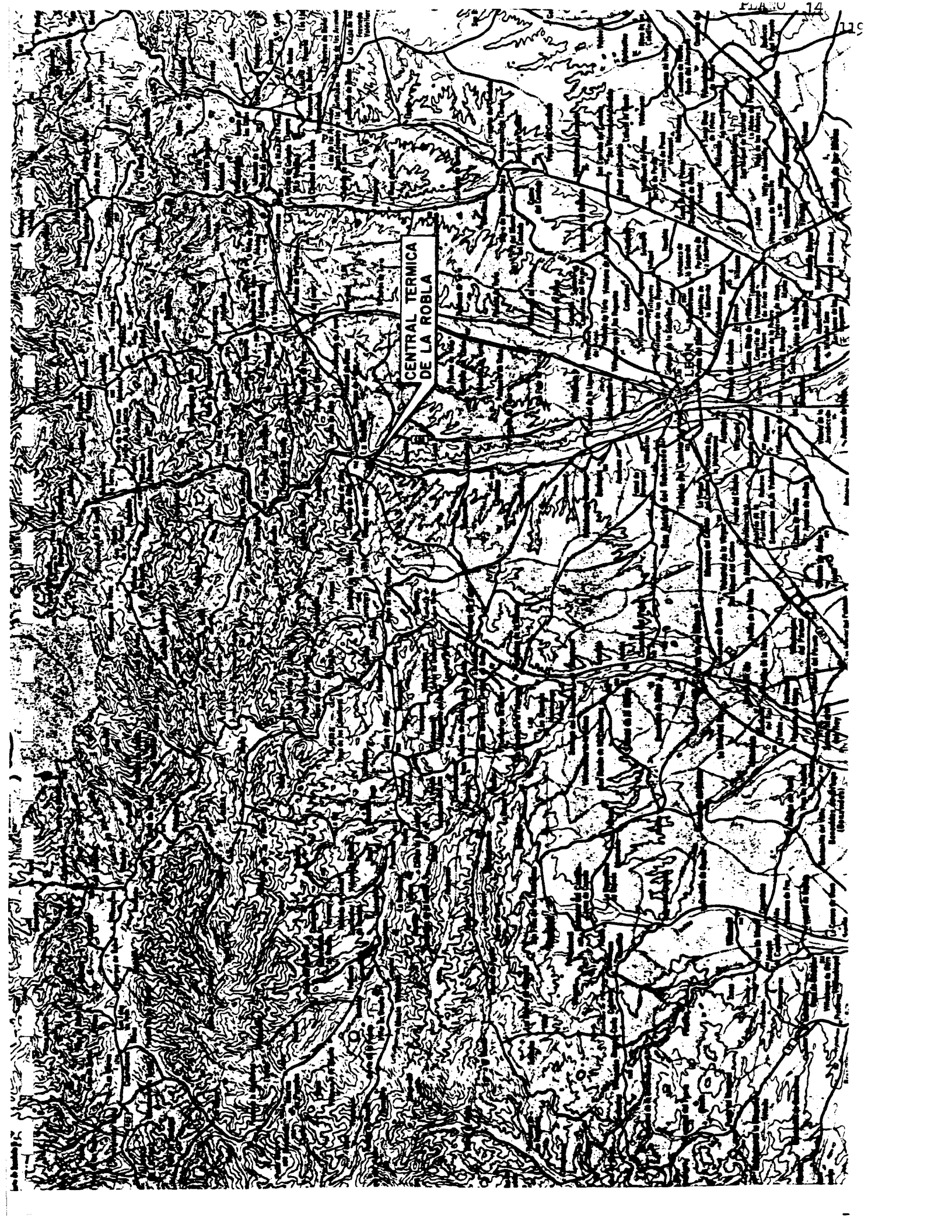
El nuevo Grupo constará de una turbina capaz de producir 350 Mw, con una primera alimentación de vapor sobrecalentado a 537,8 °C y 165 bar, y otra intermedia a la misma temperatura y 44,7 bar. El consumo específico es 2.250 kcal/kwh.

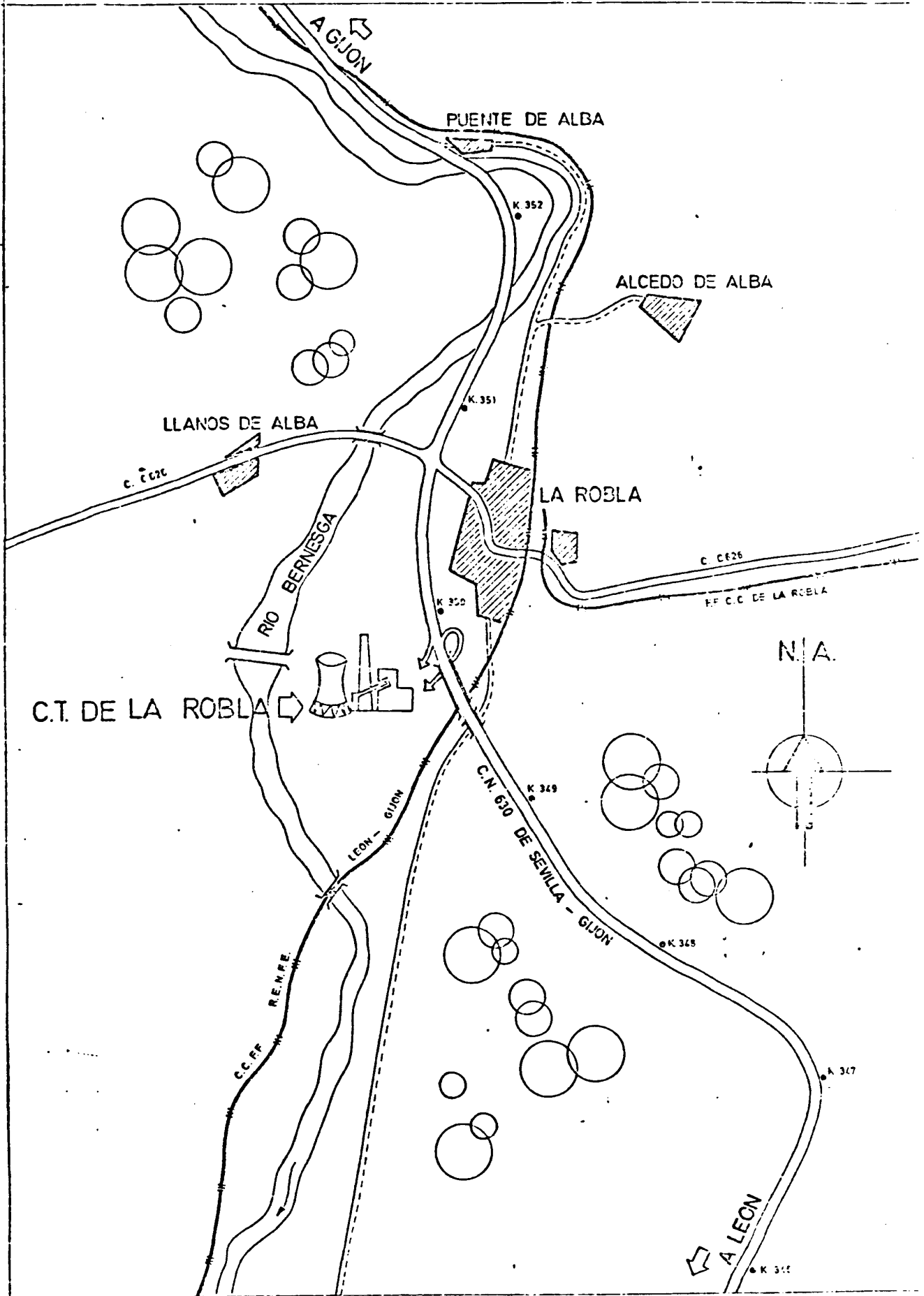
El alternador es refrigerado por hidrógeno, de 390 Mw y tensión en bornes de 21 kv.

El agua de refrigeración se toma del río Bernesga, sobre cuyo cauce se va a hacer un embalse de regulación con presa de gravedad recreable. Del río se derivan 400 l/s y se devuelven 390 l/s. La toma se hará en el mismo punto en que la hace el Grupo actual.

Como el caudal del río no es suficiente y no se puede trabajar en circuito abierto, se montará una torre de refrigeración hiperbólica, de tiro natural, de 100 metros de altura y diámetros de 72,53 m y 45,24 metros en la base y coronación, respectivamente. El caudal a refrigerar es de 6,204 m³/segundo.

CENTRAL TERMICA
DE LA ROBLA





La caldera es de circulación forzada tipo BENSON, diseñada para quemar:

- a) 100 % carbón de diseño
- b) 30 % fueloil sólo para encendido y apoyo
- c) 30 % gasoleo para encendido.

Su capacidad nominal es de 1.143,6 t/hora de vapor sobrecalentado a 176 at. ef. y 541 °C, y 976 t/hora de vapor recalentado a la misma temperatura y a 44,5 at. ef.

Los estudios sobre inmisiones y dispersión de partículas, habida cuenta de la contaminación de fondo debido a otras industrias, entre ellas una cementera, y determinados fenómenos de inversión térmica, han aconsejado para este segundo Grupo construir una chimenea de 200 metros de altura de 14,500 metros de diámetro exterior en la base, y en la coronación de 8 metros exterior y 7,6 metros interior.

El 80 % del consumo de este Grupo llegará directamente por cinta transportadora, que por el exterior y en parte a través de un túnel, lo trae desde las explotaciones de Ciñera-Santa Lucía, distante unos 12 km de la central. El resto del carbón procedente de otras minas seguirá llegando por camiones. El parque, mecanizado, se ampliará hasta una capacidad de 300.000 toneladas. El desmuestra será automático y se tomarán muestras diarias de 20 kg del carbón que va a central.

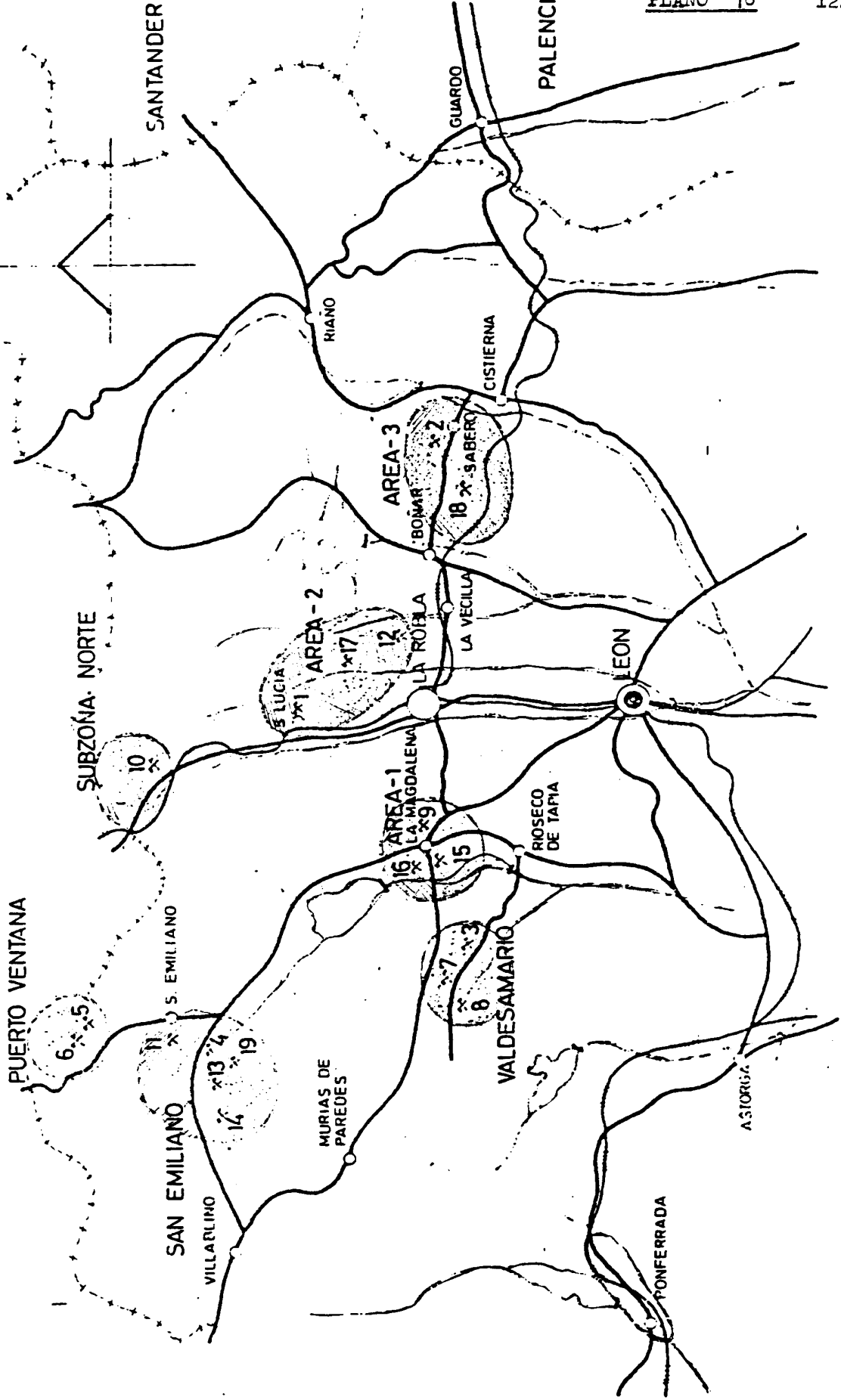
El fueloil se almacenará en un depósito de 6.000 m³ y para el gasoleo se dispondrá de dos depósitos enterrados de 200 m³ cada uno.

3.7.2 Cuenca carbonífera

En los estudios realizados en el Proyecto se han considerado como zonas productoras en que puede ejercer su influencia la demanda de esta central (Plano 16), las siguientes:

N. V.

O V I E D O



CUENCA MINERA

0 0

C.T.R-324

Subzona N - Pajares (1 mina)
 Area 1 - La Magdalena (3 minas)
 Area 2 - Ciñera-Matallana (3 minas)
 Area 3 - Oeste de Sabero, Sabero (1 minas)
 Valdesamario (3 minas)
 Puerto Ventana (2 minas)
 San Emiliano (5 minas)

Las reservas de carbón de estas cuencas se pueden estimar en 241,3 millones, repartidas en esta forma:

| | <u>Millones de toneladas</u> |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Pajares-Lillo Pajares-Lillo | 5,5 |
| La Magdalena | 12,0 |
| Ciñera-Matallana | 171,0 |
| Sabero | <u>52,8</u> |
| <u>TOTAL</u> | <u>241,3</u> |

La cantidad de hulla anual que se extrae de estas cuencas es suficiente para cubrir las necesidades de la central térmica, y abastecerla - hasta su período de vida útil.

3.7.3 Combustible de diseño

Las características medias del carbón son las siguientes:

| Análisis inmediato: | <u>% Ponderal</u> |
|--|-------------------|
| Humedad (sobre bruto) | 13 |
| Carbono fijo (muestra seca) | 58 |
| Volátiles (muestra seca) | 11 |
| Cenizas (muestra seca) | 31 |
| Poder calorífico superior (muestra seca) | 5.716 kcal/kg |

Análisis elemental:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 52,20 | 60,0 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,44 | 2,8 |
| Oxígeno (O ₂) | 2,70 | 3,1 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,04 | 1,2 |
| Azufre (S) | 1,65 | 1,9 |
| Cenizas | 26,97 | 31,0 |
| Humedad | 13,00 | - |

Los márgenes de diseño son:

Análisis inmediato:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|--|-------------------|---------------|
| | <u>Mejor</u> | <u>Peor</u> |
| Humedad (Sobre bruto) | 6 | 17 |
| Carbono fijo (muestra seca) ... | 62 | 53 |
| Volátiles (muestra seca) | 18 | 9 |
| Cenizas (muestra seca) | 20 | 38 |
| Poder calorífico superior (muestra seca) | 6.837 kcal/kg | 5.014 kcal/kg |

Análisis elemental:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| | <u>Mejor</u> | <u>Peor</u> |
| Carbono (C) | 66,0 | 54,7 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,2 | 4,6 |
| Oxígeno (O ₂) | 3,0 | 3,6 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,1 | 1,3 |
| Azufre (S) | 1,4 | 2,0 |
| Cenizas | 20,0 | 38,0 |

Análisis de cenizas:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|
| | <u>Mínimo</u> | <u>Máximo</u> |
| Si O ₂ | 43,8 | 51,9 |
| Al ₂ O ₃ | 22,5 | 25,2 |
| Fe ₂ O ₃ | 8,8 | 10,7 |
| Mg O | 1,4 | 1,6 |
| Ca O | 5,1 | 10,5 |
| K ₂ O | 2,6 | 3,2 |
| Na ₂ O | 0,3 | 0,4 |
| SO ₃ | 1,8 | 5,0 |
| Ti O ₂ | 0,45 | 0,94 |

Otros análisis:

| | <u>‰ Ponderal</u> | |
|---------------------------|-------------------|---------------|
| | <u>Mínimo</u> | <u>Máximo</u> |
| Azufre como sulfato | 0,06 | 0,11 |
| Azufre pirítico | 0,89 | 1,27 |
| Azufre orgánico | 0,33 | 0,70 |
| Azufre fijo | 0,34 | 0,52 |
| CO ₂ | 1,96 | 2,72 |
| Fósforo | 0,05 | 0,075 |
| Arsénico | 0,0001 | 0,0028 |
| Halógenos | 0,03 | 0,12 |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa, con un contenido en azufre del 3,6 ‰.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa con un máximo del 0,9 ‰ de azufre.

Los consumos horarios del Grupo a plena carga son:

Carbón 180 t
 Fueloil 7,5 t.

Con el criterio de tomar las medias para el carbón de diseño, se considera que el contenido de azufre es del 1,65 ‰ sobre el carbón bruto 1,90 sobre el seco) del cual es combustible el 1,25 ‰ ya que el fijo se estima en el 0,4 ‰.

3.7.4 Combustible consumido

En los Cuadros 30 y 31 se ve la evolución de los carbones adquiridos y consumidos. En los primeros se aprecia un incremento creciente de las entradas de hullas, resultado del incremento de producción de la cuenca de Ciénega-Matallana, que exceden con mucho los consumos estabilizados del Grupo I, lo que da lugar a fuertes almacenamientos.

En el Cuadro 32 se ve la evolución de consumos de fuel en línea - francamente decreciente en lo que al fueloil se refiere.

C U A D R O 30

CENTRAL TERMICA: L A R O B L A Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 11,96 | 12,25 | 13,50 | 13,40 | 13,50 | 12,50 | 11,20 | 12,00 |
| Cenizas s.m.s. | 30,91 | 28,57 | 29,50 | 26,70 | 27,20 | 26,80 | 27,60 | 26,90 |
| Volátiles s.m.s. | 13,47 | 13,12 | 12,80 | 12,60 | 12,90 | 12,80 | 12,50 | 12,00 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.015 | 5.182 | 5.035 | 5.300 | 5.218 | 5.304 | 5.347 | 5.330 |
| Cantidad t | 714.961 | 666.383 | 564.693 | 623.817 | 751.891 | 914.838 | 909.003 | 936.535 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 7,59 | 8,31 | 6,54 | 6,30 | 8,30 | 8,90 | 7,50 | 11,40 |
| Cenizas s.m.s. | 29,03 | 28,73 | 31,02 | 29,20 | 28,70 | 28,90 | 27,70 | 28,30 |
| Volátiles s.m.s. | 8,47 | 8,18 | 7,93 | 7,90 | 9,80 | 12,20 | 10,90 | 11,90 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.339 | 5.317 | 5.207 | 5.384 | 5.355 | 5.315 | 5.520 | 5.304 |
| Cantidad t | 49.293 | 49.077 | 33.833 | 27.802 | 40.887 | 66.615 | 82.738 | 73.283 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 31

CENTRAL TERERICA: L A R O B L A Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 11,72 | 11,99 | 12,10 | 12,40 | 12,40 | 11,70 | 10,90 | 11,40 |
| Cenizas s.m.s. % | 31,70 | 31,72 | 30,74 | 28,30 | 27,80 | 26,40 | 27,80 | 28,10 |
| Volátiles s.m.s. % | 13,11 | 13,20 | 12,76 | 12,50 | 12,90 | 12,60 | 12,20 | 11,90 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.988 | 5.013 | 5.076 | 5.240 | 5.298 | 5.459 | 5.383 | 5.319 |
| Cantidad t | 697.322 | 611.592 | 689.218 | 625.555 | 808.998 | 763.072 | 670.842 | 682.250 |
| <u>Antracita Nacional (1)</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 8,31 | - | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | 28,73 | - | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | 8,18 | - | - | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | 5.317 | - | - | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | 49.077 | - | - | - | - | - | - |

Fuente: O F I C O.
 (1) Consumida en mezcla con la hulla.

C U A D R O 32

CENTRAL TERMICA: L A R O B L A

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUJEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|------------------|---------------|
| 1974 | 25.804 | 149 |
| 1975 | 25.344 | 213 |
| 1976 | 27.105 | 227 |
| 1977 | 23.169 | 188 |
| 1978 | 21.333 | 237 |
| 1979 | 17.004 | 242 |
| 1980 | 15.888 | 199 |
| 1981 | 16.212 | 159 |
| 1982 | 13.603 | 238 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

3.7.5 Nivel de emisiones

Los niveles impuestos a este Grupo II de la central son de $500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ para las partículas y $5.470 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ para el SO_2 , y de $300 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ y $2.400 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$, respectivamente, para el Grupo I.

Para el estudio de la combustión en el Proyecto se parte del carbón de diseño. Primeramente se supone que ésta se hace sin exceso de oxígeno y después se supone que se trabaja con un 30 % de exceso de aire.

Gases de Combustión sin exceso de aire de 1 kg de carbón bruto:

| Componentes | Kg | % |
|---|---------------|---------------|
| CO_2 | 1,9140 | 25,50 |
| SO_2 (sin contar 0,004 % de S fijo) .. | 0,0250 | 0,33 |
| O_2 | - | - |
| H_2O (combustión H_2) | 6,2196 | 2,93 |
| H_2O (humedad) | 0,1300 | 1,73 |
| N_2 (propio) | 0,0104 | 0,14 |
| N_2 (aire) | 5,2062 | 69,37 |
| | <u>7,5052</u> | <u>100,00</u> |

El aire requerido en la combustión de 1 kg de carbón bruto es 6,7789 kg

Si se trabaja con un exceso de aire del 30 % se aportarán $6,7789 \cdot 0,3 = 2,0337$ kg de aire inerte/kg carbón bruto.

Luego el total de gases húmedos es:

$$7,5052 + 2,0337 = 9,5389 \text{ kg/kg carbón bruto.}$$

La conversión de estos valores ponderables a volumétricos sin exceso de aire son:

| Componentes | m^3 | % |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| CO_2 | 0,9744 | 17,43 |
| H_2O (total) | 0,4351 | 7,78 |
| N_2 (total) | 4,1733 | 74,63 |
| SO_2 | <u>0,0088</u> | <u>0,16</u> |
| | <u>5,5916</u> | <u>100,00</u> |

Si se trabaja con un exceso de aire del 30 %, los 2,0337 kg en exceso, ocuparán $2,0337 / 1.293 = 1,5729 \text{ m}^3$.

Por tanto, el volumen total de gases húmedos será:

$$5,5916 + 1,5729 = 7,1645 \text{ m}^3/\text{kg carbón bruto.}$$

De acuerdo con el Proyecto, el consumo horario a plena carga de carbón de diseño para este Grupo será de 150 t, lo que genera un volumen de gases de $1.074.675 \text{ m}^3/\text{h} = 298,5 \text{ m}^3/\text{segundo}$.

3.7.5.1 Humos

Se sigue la misma marcha que en otras centrales.

a) Combustión del carbón

El reajuste de la composición elemental es el siguiente:

| | <u>Carbón de diseño</u> <u>Memoria 1983</u> | | <u>Carbón consumido</u> <u>Dato elaborado</u> | |
|-----------------------------------|--|---------|--|---------|
| Carbono (C) | 60,0 | } = 100 | 62,9 | } = 100 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,8 | | 2,9 | |
| Oxígeno (O ₂) | 3,1 | | 3,2 | |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,2 | | 1,3 | |
| Azufre (S) | 1,9 | | 1,9 | |
| Cenizas | 31,0 | | 27,8 | |
| Humedad | - | | 10,9 | |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,629 = 2,306 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,629 = 1,174 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,019 = 0,038 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,019 = 0,013 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,629 + \frac{32}{32} \cdot 0,019 + \frac{16}{2} \cdot 0,029 - 0,032 \right) = \\ &= 1,925 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 30 %

$$P_{\text{O}_2} = 1,925 \cdot 0,3 = 0,574 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,578 = 0,405 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible } \frac{16,9}{89,1} = 0,122 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

Agua producida por la combustión del H₂ =

$$\frac{18}{2} \cdot 0,029 = 0,261 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,122 + 0,261 = 0,383 \text{ kg H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,383 = 0,477 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,013 + 0,77 \cdot \frac{1,30}{0,23} \cdot 1,925 = 8,374 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 8,378 = 6,702 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,306 | 19,74 | 1,174 | 13,38 |
| SO ₂ | 0,038 | 0,33 | 0,013 | 0,15 |
| H ₂ O | 0,383 | 3,28 | 0,477 | 5,44 |
| O ₂ | 0,578 | 4,95 | 0,405 | 4,62 |
| N ₂ | 8,378 | 71,70 | 6,702 | 76,41 |
| Total | 11,683 | - | 8,771 | - |

Que es superior a la del Proyecto por estar contada sobre carbón seco. Esta diferencia desaparece al contabilizar el total de emisiones sobre carbón seco, que es una cifra menor que la de carbón húmedo.

$$\text{Densidad de humos: } \frac{11,683}{8,771} = 1,332 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

3.7.5.2 Partículas

Se acepta la misma distribución de escorias y cenizas volantes que la de otras calderas.

Se han previsto dos precipitadores electrostáticos funcionando en paralelo con un rendimiento del 99,4 %.

En el Cuadro 33 se recogen los datos de emisiones de partículas y gases correspondientes al año 1982.

De acuerdo con ellos, el nivel de emisión de partículas será de:

$$25,3 \cdot 10^3 / 176,876 = 143 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

inferior a cualquiera de los límites admitidos para esta central, siempre y cuando el precipitador magnético del Grupo I tenga el mismo rendimiento que el del nuevo Grupo.

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | | GRUPO I | |
|--|----------------------------------|------------|-----------|
| POTENCIA | MWe | HULLA SECA | FUEL-OIL |
| | | 270 | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | SUMA |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 670,842 | 25,953 |
| Humedad (1) | % | 10,9 | - |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | 597,720 | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 27,80 | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | 166,166 | - |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | 24,925 | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | 8.308 | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | 132.933 | - |
| Rendimiento del precipitador electrostático | % | 99,4 | - |
| Partículas que salen por la chimenea | Kg | 797,598 | - |
| Emisión de partículas (3) | gr/s | 25,3 | - |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón | 8,771 | 12,921 |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | 5.141,602 | 335,339 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | 166,242 | 10,634 |
| Nº de chimeneas | u | | 1 |
| Altura de la chimenea | m | | 120 |
| | | | 797.598 |
| | | | 25,3 |
| | | | 5.577,941 |
| | | | 176,876 |

(1) Datos partes de OFICO y del I.N.Hidrocarburos.
 (2) El instalado en el Grupo II.
 (3) 1 año: El instalado en el Grupo II.

3.7.5.3 Gases sulfurosos

Durante el año de 1982 se quemaron 597.720 toneladas de carbón seco y 25.953 toneladas de fuel pesado nº 2 (el consumo de gasoleo por ser tan pequeño se ha agregado al del fuel), que entre ambos produjeron:

$$2 (597.720 \cdot 0,019 + 25.953 \cdot 0,036) = 24.582 \text{ toneladas de SO}_2$$

el nivel de emisiones por segundo será:

$$24.582 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 779.490 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$779.490 / 176,876 = 4.407 \text{ mg SO}_2/\text{segundo}$$

que es superior a los 2.400 mg SO₂/m³ N, pero inferior a los 5.470 mg SO₂/m³ N autorizados al Grupo II.

3.7.6 Nivel de inmisiones

En el Plano 17 figura la zona abarcada en un radio de 18 kilómetros alrededor de la central, que como se ve no llega a afectar a la ciudad de León.

La elección de los puntos de emplazamiento de las estaciones de seguimiento, es consecuencia de los estudios realizados durante los años 1971 y 1976, en los que se fijaron los niveles de inmisión de SO₂ y de polvo sedimentable o no.

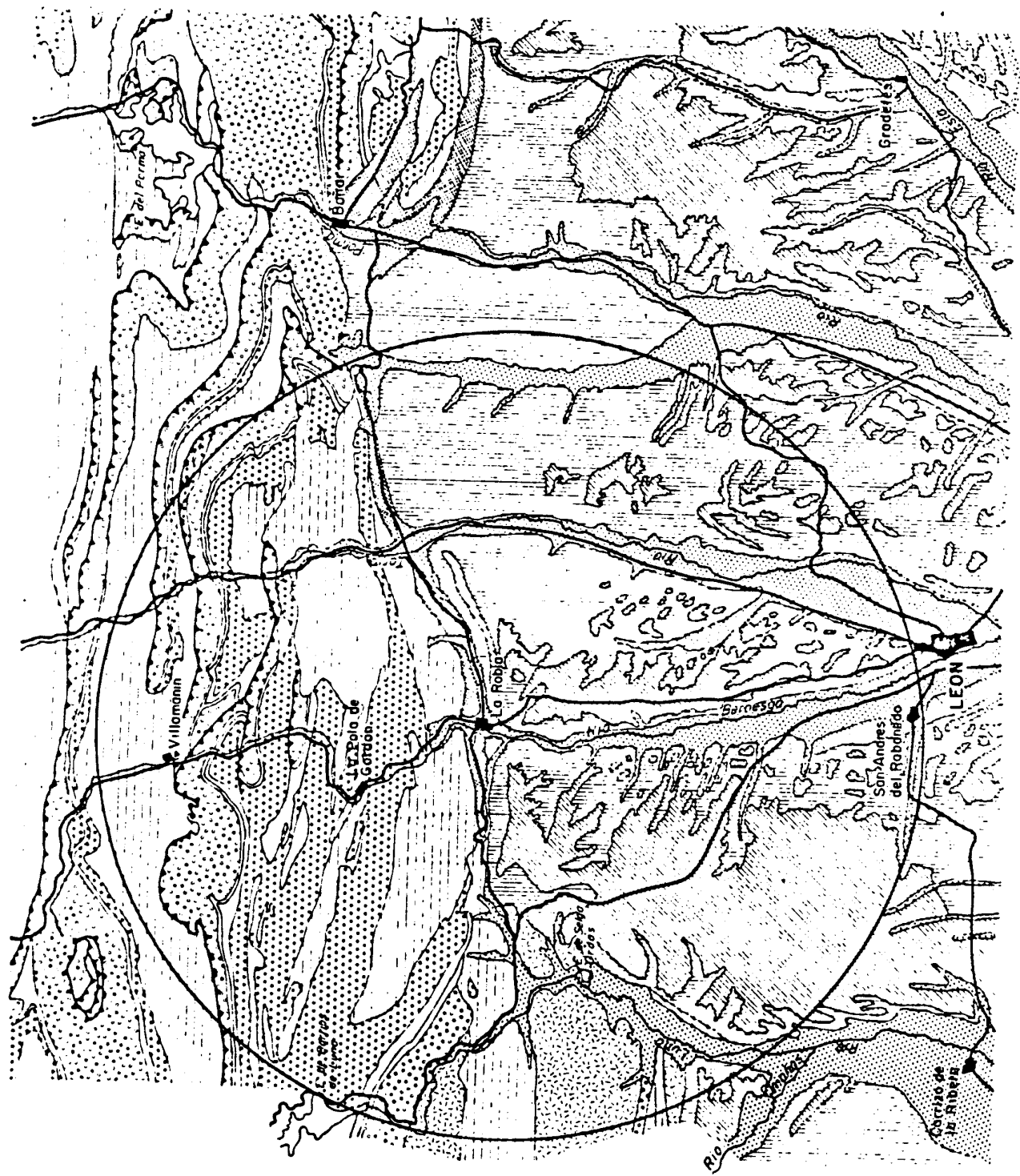
En el Plano 18 figura la red de sensores elegida, que se distribuye así:

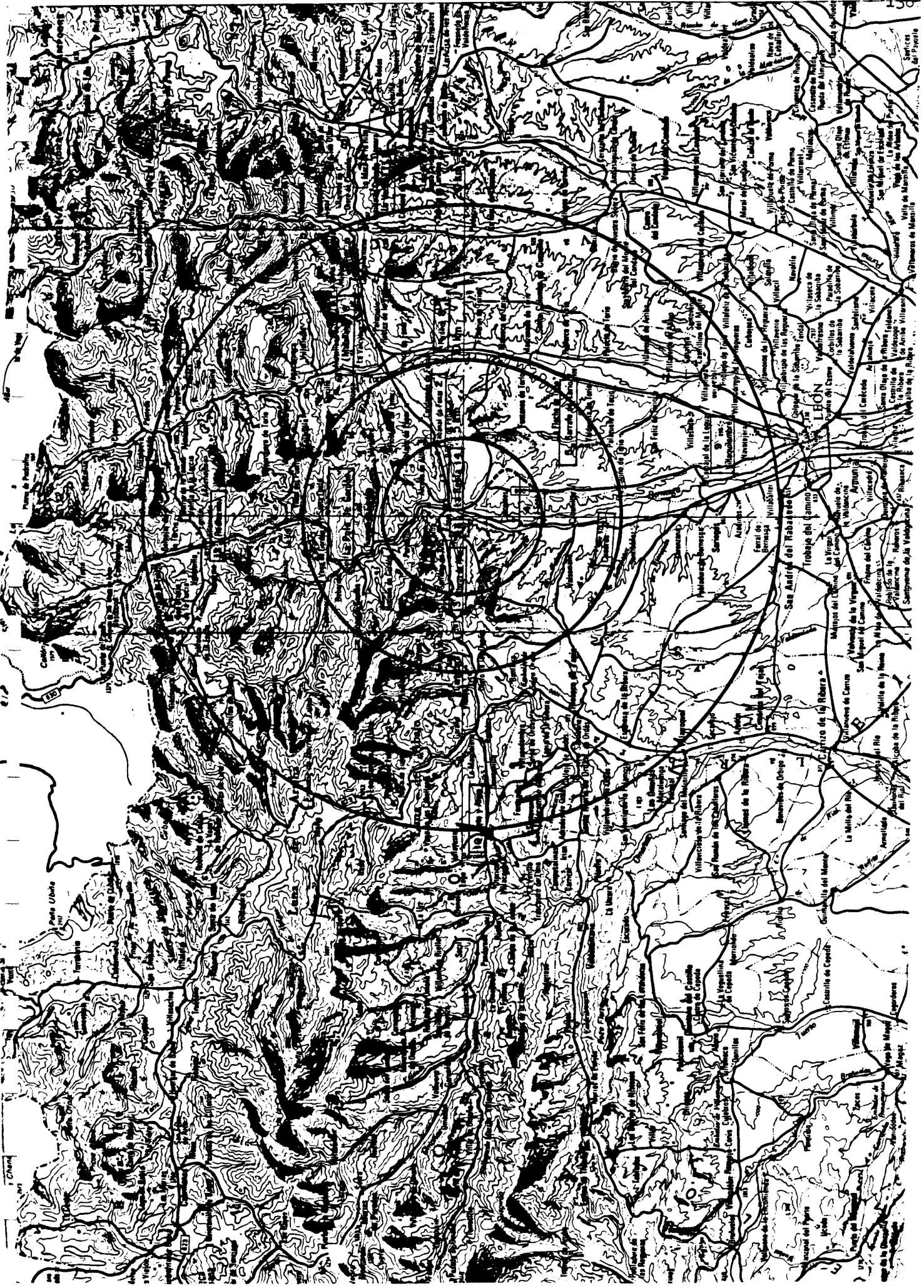
Distancia 5 km:

- 1 - La Pola de Gordón - 7 km.
- 2 - Rabanal de Fenar - Localidad a 5 km.
- 3 - Olleros - Localidad a 5 m
- 4 - La Seca - Localidad a 5 m.

PLANO 17

ESCALA 1:200 000





Distancia 10 km:

- 5 - Garrafe - Ayuntamiento a 10 km.
- 6 - Matallana - Ayuntamiento a 12 km.
- 7 - Cuadros - Ayuntamiento a 10 km.
- 8 - Pardavé - Localidad a 11 km.

Distancia 20 km:

- 9 - Villaquilambre - Ayuntamiento a 18 km.
- 10 - Soto y Amío - Ayuntamiento a 20 km.
- 11 - La Vecilla - Ayuntamiento a 20 km.
- 12 - Rodiezno - Ayuntamiento a 17 km.

A menos de 5 km:

- 13 - Residencia de la Central
- 14 - La Robla - Ayuntamiento a 1 km.

3.8 VELILLA DEL RIO CARRION

3.8.1 Descripción

La Central Térmica de Velilla del Río Carrión está situada en el término municipal del mismo nombre, provincia de Palencia, en la margen izquierda del río Carrión y junto al embalse formado por la presa de Villalba (Plano 19).

Es propiedad de Centrales Térmicas del Norte de España, S.A., (TERMINOR) cuyo único accionista hoy día es Iberduero, S.A., y ya tiene en servicio un Grupo de 148 kW.

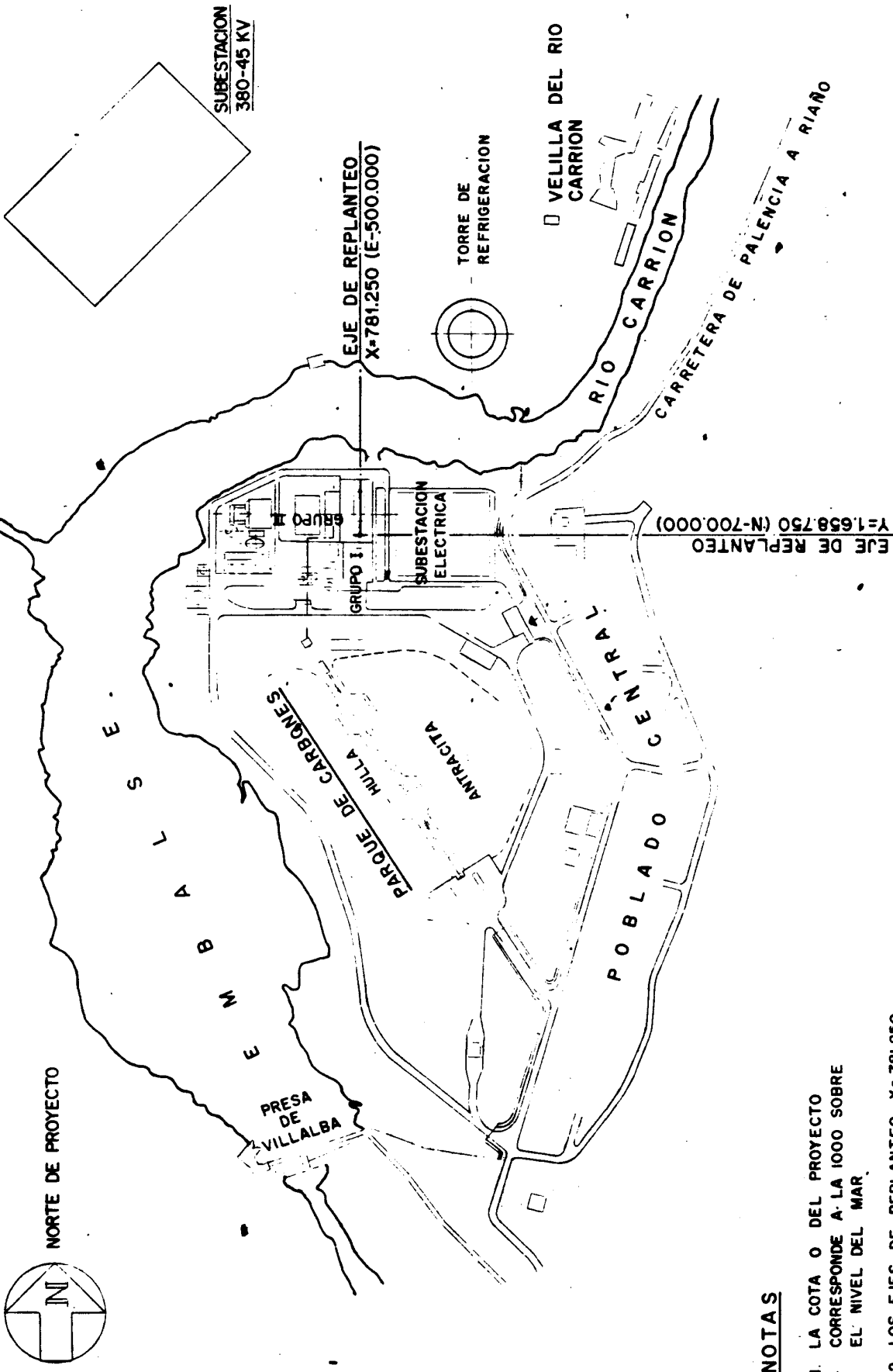
Los estudios realizados para implantar un nuevo Grupo II de 380 kW de potencia, que aprovechará el carbón de las cuencas mineras de la zona, aconsejan montarlo anejo al actual, ya que aparte de ofrecer mayores facilidades en su construcción y disponibilidad de terrenos, el abastecimiento de carbón se podrá hacer en la misma forma en que se viene haciendo, y en cuanto a las necesidades de agua de circulación y agua de servicio quedan cubiertas por el embalse de Villalba.

El nuevo Grupo constará de una turbina alimentada con vapor sobrecalentado a 164 kg/m^2 (efec) y temperatura de 538° .

El alternador será refrigerado por hidrógeno, tendrá una potencia nominal máxima de 420,2 kva con factor de potencia 0,9, potencia efectiva de 350 kW, y tensión en bornes de 20 kv.

El agua de refrigeración se toma del embalse citado, pero como en este no hay caudal bastante se dispone de una torre de refrigeración, de tipo hiperbólico de 101 metros de altura y diámetro de 72,1; 50,46; y 52,46 m en la base, garganta y coronación. El gasto será de $7,777 \text{ m}^3/\text{segundo}$.

La caldera está diseñada para quemar hullas y antracitas, tiene una capacidad máxima de producción de vapor de 1.089 t/hora (1.057 t/hora al 100 % carga), con presión a la salida del sobrecalentador de 169 kg/cm^2 ,



NOTAS

1. LA COTA 0 DEL PROYECTO CORRESPONDE A LA 1000 SOBRE EL NIVEL DEL MAR.
2. LOS EJES DE REPLANTEO X=781.250 Y Y=1.658.750 SON EQUIVALENTES A E-500.000 Y N-700.000 DE PROYECTO RESPECTIVAMENTE
3. COTA MAXIMA DE EMBALSE = 115 m.

| |
|--|
| TERMINOR S.A. BILBAO |
| C.T. VELILLA DEL RIO CARRION - UNIDAD. 2 |
| PLANO DE SITUACION |
| PLANO N.º 19-074-2M-A-00004 |
| EMPRESA NACIONAL DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA S.A. |
| ESCALA 1:5000 |

temperatura de 540 °C, y otra salida de vapor recalentado de 926 t/hora, a la misma temperatura.

La altura de la chimenea actual para el Grupo I es de 70 metros, y para este Grupo, como resultado del cálculo previo de la altura de penacho y difusión de contaminantes, se monta una chimenea de 172 metros de altura de 16,24 metros de diámetro exterior en la base y 7,82 m en la coronación, con espesores máximo de 0,80 m y mínimo de 0,20 metros.

El carbón llega a esta Central exclusivamente por camiones, y según sean hullas o antracitas se apilan en montones diferentes en el parque de carbones mecanizado que tiene una capacidad aproximada de un millón de toneladas, lo que garantiza la marcha de los dos Grupos durante 180 días.

Para el almacenamiento del fueloil se habilitará un depósito de 3.000 toneladas y para el gasoleo de encendido otros de 500 m³.

3.8.2 Cuenca carbonífera

De los seis suministradores habituales de esta central, cuatro son productores de antracita de la zona norte de la provincia de Palencia, (Guardo, Cervera, La Pernia), y dos son minas de hulla, de las que una pertenece a la provincia de León. Estas hullas suelen contener mucho azufre. Una muestra media de diez ensayos en el I.M.C. dan para una de ellas 2,45 % de azufre y para la otra 2,05 %. Esto se compensa con su combustión con antracitas cuyo contenido en azufre oscila entre el 0,5 por ciento y el 0,9 %.

Las reservas cubicadas en estos yacimientos garantizan el funcionamiento de la central para la vida útil de los dos Grupos, con un consumo anual medio de 1.300.000 toneladas, con una utilización media anual de 5.200 horas.

3.8.3 Combustible de diseño

La central quema una mezcla de hullas y antracitas, normalmente, en la

proporción 25/75. Las características del carbón de diseño son las siguientes:

| Análisis inmediato: | <u>‰ Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>sobre bruto</u> | <u>sobre seco</u> |
| Humedad | 15,0 | - |
| Carbono fijo | 47,6 | 56,0 |
| Volátiles | 7,6 | 9,0 |
| Cenizas | 29,8 | 35,0 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 4.760 | - |

| Análisis elemental: | <u>‰ Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>sobre bruto</u> | <u>sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 51,69 | 60,8 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,43 | 1,7 |
| Oxígeno (O ₂) | 0,40 | 0,5 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,40 | 0,5 |
| Azufre (S) | 1,20 | 1,5 |
| Cenizas | 29,80 | 35,0 |
| Humedad | 15,00 | - |

El análisis medio de las cenizas es el siguiente:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|--|-------------------|
| Si O ₂ | 46,70 |
| Al ₂ O ₃ | 22,80 |
| Fe ₂ O ₃ | 9,85 |
| Mg O | 2,70 |
| Ca O | 6,10 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 2,60 |
| SO ₃ | 2,60 |
| Pérdida calcinación | 10,- |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa, con un contenido en azufre del 6 ‰.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa, con un máximo del 0,9 ‰ de azufre.

El consumo horario del Grupo a plena carga es de 169 t/hora de carbón.

3.8.4 Combustible consumido

En los Cuadros 34 y 35 se ve la evolución de los consumos de hulla y antracita durante los últimos años, en que se aprecia que la participación de la hulla no es del 25 % sino que oscila entre el 35 y 40 %, lo que explica el incremento en el contenido de azufre de los carbones realmente quemados. Por otra parte se aprecia un cierto equilibrio entre adquisiciones y consumos.

En el Cuadro 36 se ve la evolución del consumo de fuel, que ha alterado, en el último año, su tendencia a la baja.

3.8.5 Nivel de emisiones

Los límites marcados a las emisiones del Grupo I de esta central eran de $500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ en partículas y $2.400 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ de SO_2 . Sin embargo, las condiciones impuestas al Grupo II son de $500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ y $3.500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ de SO_2 .

3.8.5.1 Humos

En el estudio que en el Proyecto se hace sobre volumen de gases de emisión se estima que la combustión se producirá empleando un exceso de aire mínimo del 25 % sobre la cantidad técnicamente necesaria, por lo que se llega a un caudal de gases 1.572 toneladas/hora para un consumo de 169 toneladas/hora de carbón. La cantidad específica de gases de combustión producida a partir de 1 kg de carbón, es de $6.990 \text{ m}^3 \text{ N/kg}$.

La composición porcentual de estos gases es, según Proyecto, la siguiente:

| | |
|---|-----------------------------------|
| Dióxido de carbono (CO_2) | 20,22 |
| Dióxido de azufre (SO_2) | 0,27 |
| Oxígeno (O_2) | 5,28 |
| Nitrógeno (N_2) | 70,71 |
| Agua (vapor) (H_2O) | 3,52 |
| Peso específico | $1,33 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$. |

C U A D R O 34

CENTRAL TERMICA: V E L I L L A R.C.

| A Ñ O S | Carbón Adquirido | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 14,40 | 11,29 | 13,36 | 12,90 | 12,00 | 11,60 | 11,10 | 11,80 |
| Cenizas s.m.s. | 31,53 | 31,52 | 30,60 | 28,50 | 29,20 | 30,40 | 30,60 | 30,60 |
| Volátiles s.m.s. | 14,42 | 14,76 | 15,58 | 16,90 | 17,80 | 17,90 | 17,30 | 17,40 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.751 | 5.121 | 5.036 | 5.212 | 5.159 | 5.082 | 5.067 | 5.004 |
| Cantidad t | 202.173 | 179.370 | 159.172 | 148.266 | 226.623 | 177.106 | 241.889 | 211.519 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 12,41 | 12,01 | 12,27 | 11,60 | 11,70 | 10,40 | 10,00 | 10,80 |
| Cenizas s.m.s. | 29,39 | 28,58 | 27,59 | 27,80 | 29,00 | 29,00 | 28,90 | 28,00 |
| Volátiles s.m.s. | 7,35 | 7,10 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,10 | 7,20 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.618 | 5.000 | 5.050 | 5.081 | 4.998 | 5.034 | 5.082 | 5.112 |
| Cantidad t | 314.886 | 295.922 | 303.522 | 299.313 | 347.232 | 340.641 | 363.786 | 328.586 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERERICA: V E L I L L A R.C.C.

Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 12,11 | 11,01 | 11,82 | 12,40 | 11,20 | 11,40 | 11,60 | 11,70 |
| Cenizas s.m.s. | 31,29 | 31,20 | 29,61 | 29,30 | 30,80 | 31,10 | 31,80 | 32,40 |
| Volátiles s.m.s. | 13,58 | 13,98 | 14,18 | 15,90 | 16,40 | 16,90 | 17,00 | 17,00 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.699 | 4.995 | 5.101 | 5.052 | 5.041 | 5.005 | 4.945 | 4.884 |
| Cantidad | 231.535 | 168.151 | 149.526 | 147.782 | 234.952 | 191.228 | 188.285 | 191.579 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 10,75 | 10,83 | 10,58 | 10,60 | 10,70 | 10,00 | 9,60 | 10,00 |
| Cenizas s.m.s. | 29,68 | 28,74 | 27,36 | 27,80 | 29,40 | 28,80 | 29,40 | 28,30 |
| Volátiles s.m.s. | 6,69 | 6,61 | 6,59 | 6,60 | 6,80 | 6,80 | 6,60 | 6,70 |
| P.C.S. kcal/kg | 5.578 | 4.986 | 5.158 | 5.080 | 4.971 | 5.066 | 5.044 | 5.037 |
| Cantidad | 334.678 | 296.960 | 311.776 | 310.175 | 373.350 | 271.865 | 313.621 | 330.544 |

Fuente: O F I C O.

CENTRAL TERMICA:

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 2.913 | 799 |
| 1975 | 2.260 | 332 |
| 1976 | 1.758 | 255 |
| 1977 | 2.014 | 592 |
| 1978 | 1.390 | 261 |
| 1979 | 852 | 387 |
| 1980 | 802 | 175 |
| 1981 | 722 | 209 |
| 1982 | 1.887 | 329 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6546 = 2,400 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,6546 = 1,222 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0136 = 0,027 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0136 = 0,010 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} O_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6546 + \frac{32}{32} \cdot 0,0136 + \frac{16}{2} \cdot 0,0183 - 0,0054 \right) = \\ &= 1,900 \text{ k O}_2/\text{kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %

$$P_{\text{O}_2} = 1,900 \cdot 0,25 = 0,475 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,475 = 0,333 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{10,35}{89,65} = 0,115 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg c.seco.}$$

Agua producida por la combustión del H₂:

$$\frac{16}{2} \cdot 0,0183 = 0,165 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,115 + 0,165 = 0,280 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,280 = 0,348 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,054 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,900 = 8,005 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 8,005 = 6,404 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultantes es:

| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,400 | 21,45 | 1,222 | 14,69 |
| SO ₂ | 0,027 | 0,24 | 0,010 | 0,12 |
| H ₂ O | 0,280 | 2,50 | 0,348 | 4,19 |
| O ₂ | 0,475 | 4,25 | 0,333 | 4,00 |
| N ₂ | 8,005 | 71,56 | 6,404 | 77,00 |
| Total | 11,187 | - | 8,317 | - |

La cifra es más alta que la del Proyecto porque se parte de carbón seco, pero esta diferencia desaparece al contabilizar caudales totales.

$$\text{Densidad de humos: } \frac{11,187}{8,317} = 1,345 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

3.8.5.2 Partículas

Se acepta la misma distribución de escorias y cenizas volantes en la salida de humos.

Se ha previsto un precipitador electrostático de la firma Rothemühle, de tipo horizontal, con dos cámaras independientes en paralelo, con un rendimiento del 99,7 %.

La chimenea dispone de seis orificios de toma de gases y partículas y para facilitar la introducción de sondas empleadas en el muestreo isocinético, se dispondrán ventanas enfrentadas a estos orificios.

El equipo de medida de la emisión de partículas es un PL.100 de la casa Lear Siegler (normas EPA).

En el Cuadro 37 se recogen los datos de emisión de partículas y gases correspondientes a 1982.

De acuerdo con ellos, el nivel de emisión de partículas será:

$$10,9 \cdot 10^3 / 119,575 = 91 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

CENTRAL TERMICA DE VELILLA DEL RIO CARRION
 DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | | GRUPO I | | | |
|---|----------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| POTENCIA | MWe | 148 | | | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | HULLA | ANTRACITA | FUEL-OIL | SUMA |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 188,285 | 313,621 | 2,216 | - |
| Humedad (1) | % | 11,60 | 9,60 | - | - |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | 166,444 | 283,513 | - | 449,957 |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 31,80 | 29,40 | - | 30,27 |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | 59,929 | 83,353 | - | 143,282 |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | - | - | - | 21,492 |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | - | - | - | 7,164 |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | - | - | - | 114,626 |
| Rendimiento del precipitador electrostático (2) | % | - | - | - | 99,70 |
| Particulas que salen por la chimenea | Kg | - | - | - | 343,878 |
| Emisión de particulas (3) | gr/s | - | - | - | 10,9 |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón | 8,317 | 8,317 | 12,921 | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | 1.384,315 | 2.357,977 | 28,633 | 3.770,925 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | 43,896 | 74,771 | 0,908 | 119,575 |
| Nº de chimeneas | u | | | | 1 |
| Altura de la chimenea | m | | | | 70 |

(1) De los partes de OFICO y del I.H. Hidrocarburos.

(2) El separador no estaba aún en servicio ese año pero se admite.

(3) 1 año: 31.536 . 10³ segundo.

inferior a cualquiera de los límites admitidos para esta central, siempre y cuando el precipitador magnético del Grupo I tenga el mismo rendimiento que el nuevo Grupo.

3.8.5.3 Gases sulfurosos

Para la medición del SO_2 en la chimenea, se utiliza un equipo SL-810 de la casa Lear Siegler (normas EPA).

Según el Proyecto, para un consumo horario de 169 toneladas de carbón de diseño, con una producción de humos de $6,99 \text{ m}^3 \text{ N/kg}$ carbón bruto, el volumen horario de gases emitidos a la atmósfera es $1,182 \cdot 10^6 / \text{m}^3 \text{ N/hora}$.

Como los gases sulfurosos representan 4,015 toneladas de SO_2 por hora, lo que equivale $3.397 \text{ mg SO}_2 / \text{m}^3 \text{ N}$.

Según los datos de este trabajo, en 1982 se quemaron 449.987 toneladas de carbón seco y 2.216 de fuel pesado n° 2 (el consumo de gasoleo, por ser tan pequeño, se ha sumado al fuel), que entre ambos produjeron:

$$2 (449.957 \cdot 0,0136 + 2.216 \cdot 0,036) = 12.398 \text{ toneladas de SO}_2$$

el nivel de emisiones por segundo será:

$$12.398 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 393.138 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

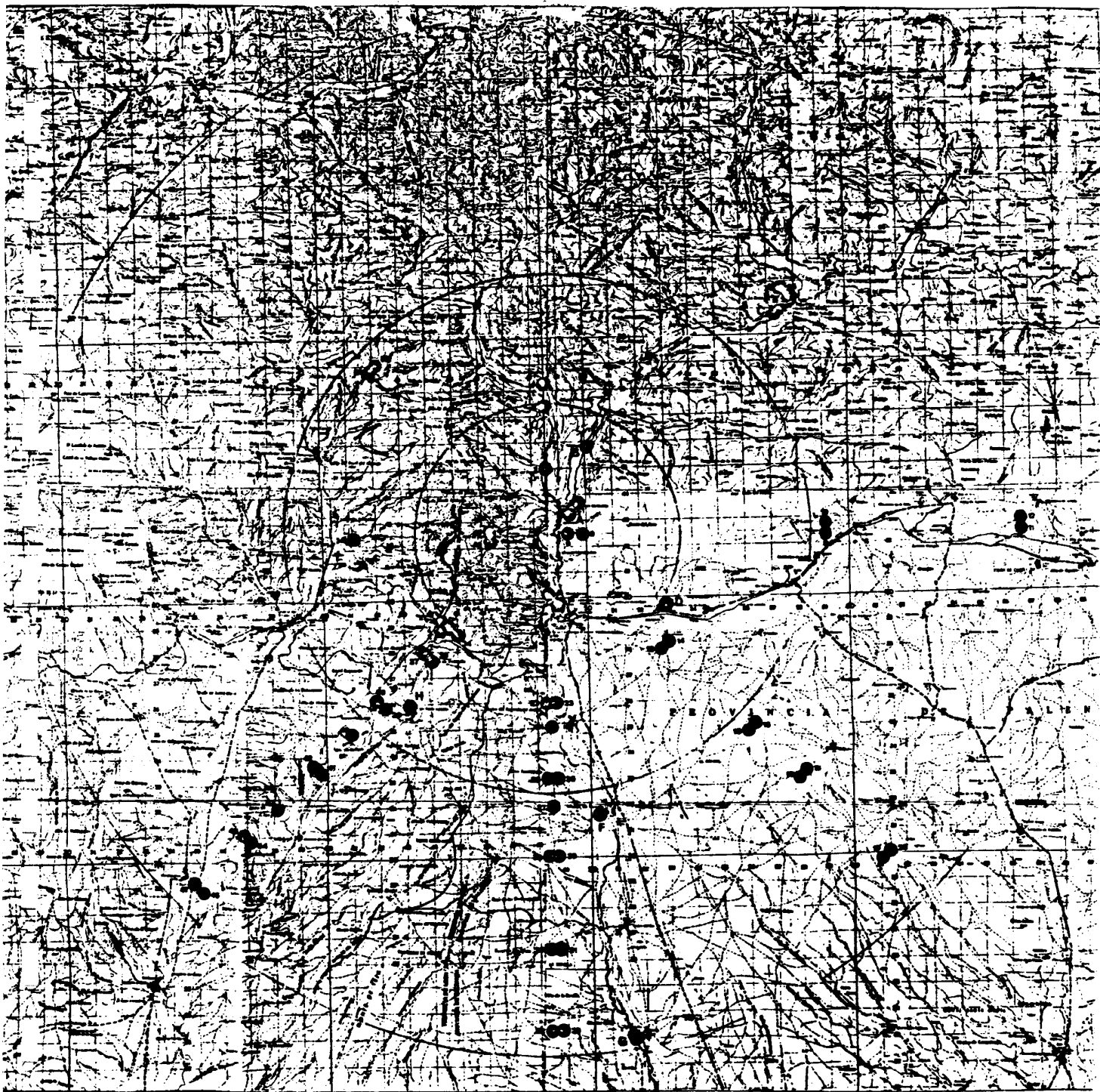
$$393.138 / 119,575 = 3.288 \text{ mg SO}_2 / \text{segundo}$$

que es superior a los $2.400 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$, pero inferior a los $3.500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$ autorizados al Grupo II.

3.8.6 Nivel de inmisiones

En el Plano 20 figuran los límites de las tres zonas de 18, 10 y 5 km de radio en torno de la central, así como la ubicación de los 54 puntos en los que se han hecho mediciones de niveles de inmisión. Estos puntos fueron elegidos de manera que 29 incluyeran núcleos de pobla-

PLANO 20



ción; 10, parcelas de seguimiento ecológico; 5, masas forestales; 5, zonas de cultivo; 5, zonas de pasto.

El círculo de radio 20 km afecta a una serie de términos municipales de las provincias de Palencia y León. Pueden distinguirse dos zonas que aproximadamente quedan divididas por una línea que enlaza los pueblos de Castrejón de la Peña, Santibáñez de la Peña, Guardo, Valderrueda y Cistierna. La parte situada al norte de dicha línea corresponde a una zona de montaña y la inferior a una zona de transición (Plano 21).

Como consecuencia de la información recogida en las empresas de medición de inmisiones, se va a montar para su mejor seguimiento una torre meteorológica y además se decidió instalar 8 estaciones equipadas cada una de ellas con un equipo McLeod C1-7 y un Stand-Garge, en cada uno de los siguientes puntos: (Plano 21)

- A - Velilla del Río Carrión.
- B - Colonia Sierra del Brezo.
- C - Camporredondo de Alba.
- D - Muñeca.
- E - Guardo (Polideportivo).
- F - Villalba de Guardo.
- G - Pino del Río.
- H - San Pedro de Cansoles.

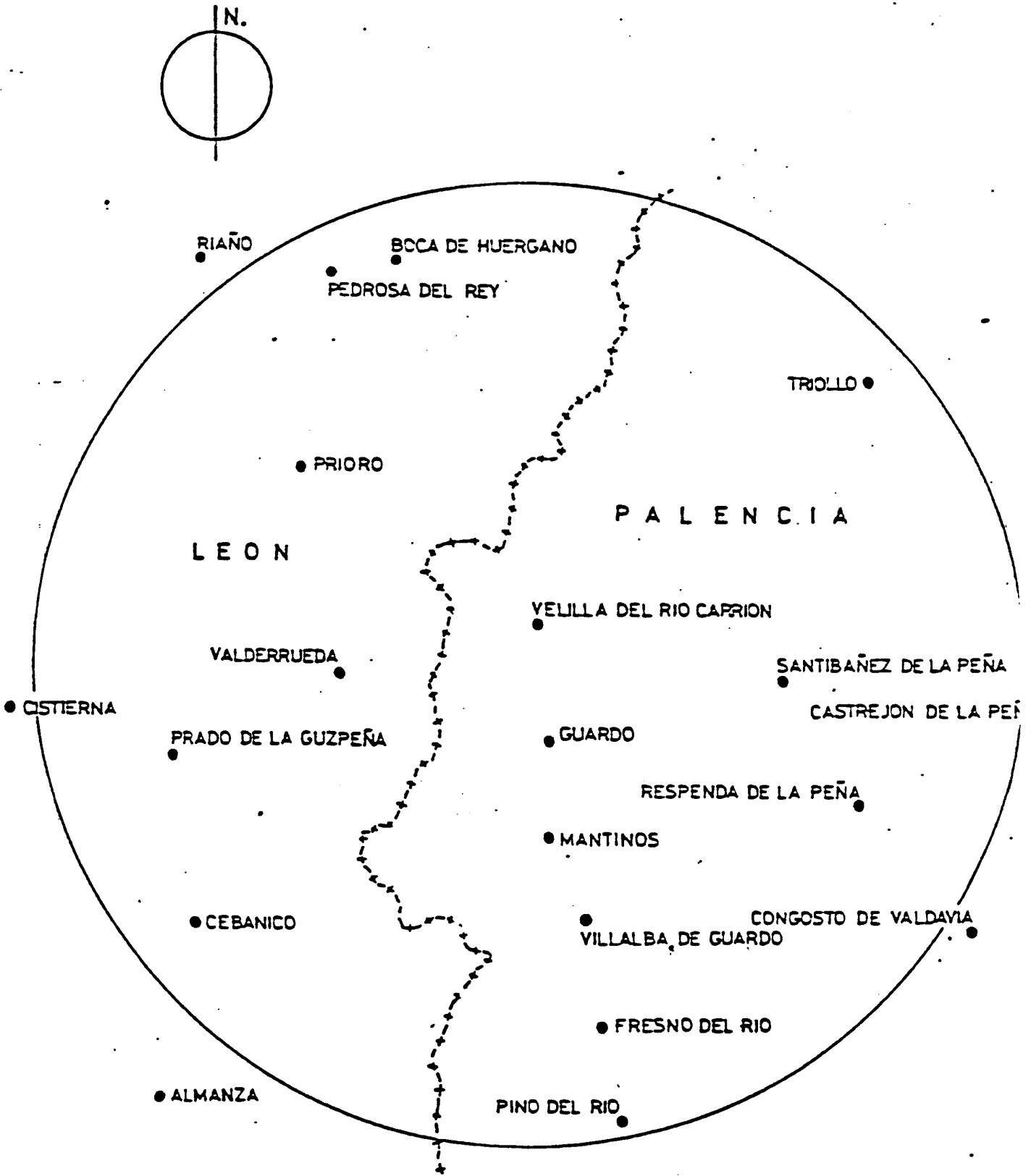


Figura 2.1.- Localización de términos municipales del área de estudio.

3.9 PUENTE NUEVO

3.9.1 Descripción

La central térmica, que es propiedad de la Empresa Nacional Eléctrica de Córdoba, tiene instalados actualmente dos Grupos generadores de 37,5 MW, y un tercer grupo de 312,8 MW, ésta situada en la Sierra de Córdoba, en el término municipal de Espiel, y a una distancia de 45 kilómetros de la capital de la provincia.

Se encuentra emplazada en la margen izquierda del Embalse de Puente Nuevo, y se tiene acceso a ella por carretera, por un ramal que la une al punto kilométrico 232,200 de la Carretera Nacional nº 432 de Córdoba a Badajoz.

Para el tráfico de mercancías también se tiene acceso a la central por ferrocarril, con vía y apartadero propio, desde la estación de Alhondiguilla, situada en el km 41 de la vía férrea de Córdoba a Almorchón (Plano 22).

El Grupo II constará de una turbina de fabricación mixta Brown Boveri-Maquinista Terrestre y Marítima de 312,8 MW de potencia nominal, alimentada a plena carga con 931,3 t/h de vapor sobrecalentado a 538 °C y 160,8 bar, con una toma intermedia a la misma temperatura.

El alternador es de los mismos fabricantes, refrigerado por hidrógeno con potencia aparente nominal de 368 MVA, factor de potencia 0,85 y potencia activa de 312,8 MW. La tensión en bornes es de 18 kv.

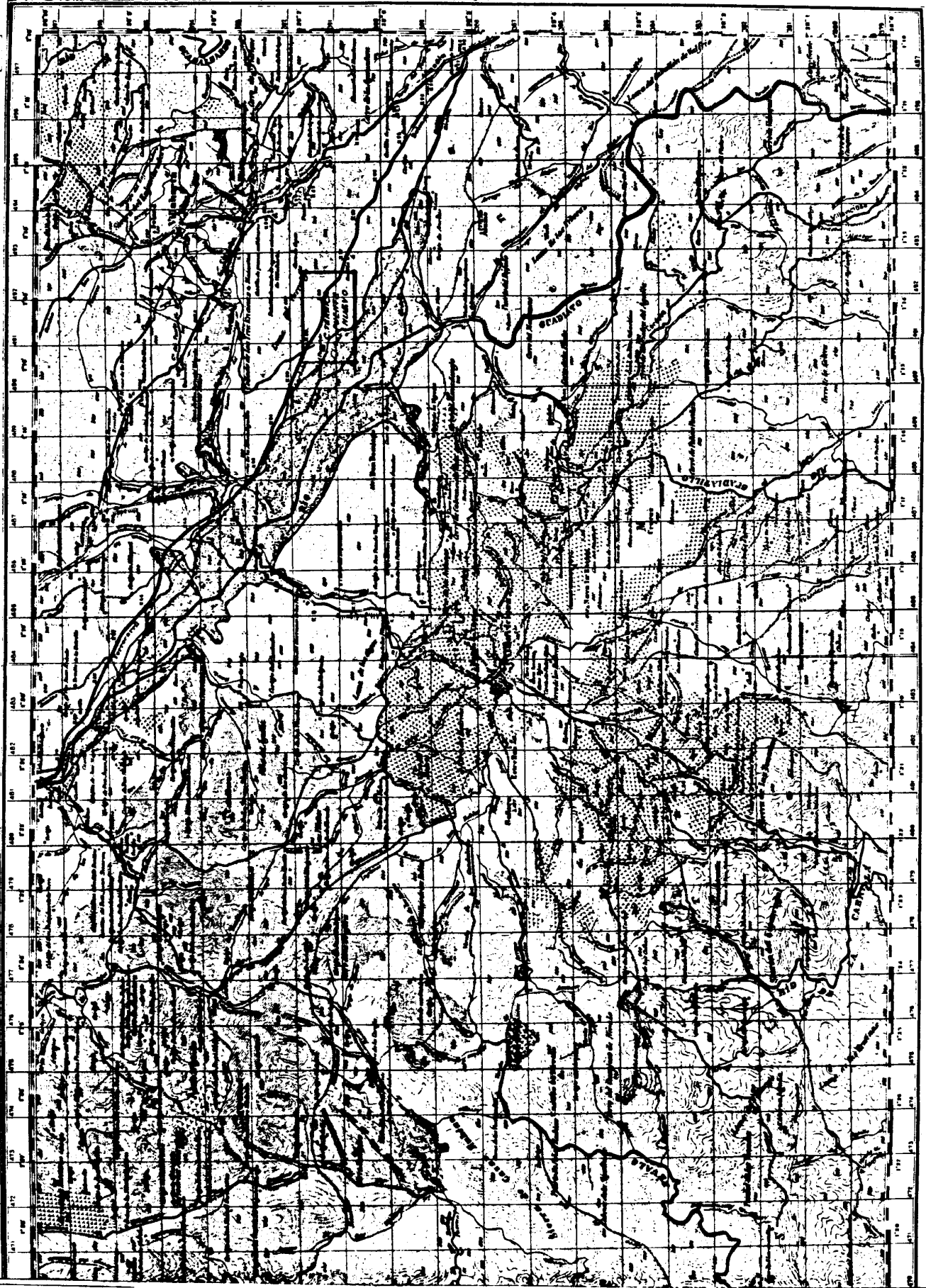
El agua de refrigeración para el condensador se toma del propio embalse por un sistema mixto de bombeo-sifón, que asegura un gasto de 7,4 m³/segundo.

La caldera es también de fabricación mixta Foster-Wheeler-Maquinista Terrestre y Marítima, de circulación natural asistida y capaz de suministrar 980 t/h de vapor sobrecalentado a 540 °C y 169 bar, con una salida intermedia de vapor recalentado a 39 bar y 540 °C.

WILLVOLLBA.

Edición Milijon

901



Proyecto y publicación por la Dirección General del
 Instituto Geográfico y Estadístico. 2.ª edición, 1905.

Escala de 50000

Impreso en el Establecimiento de Artes Gráficas, Imprenta y Encuadernación de la
 Compañía de Seguros de España, S. A. de C. V. en Madrid, España.

100000 50000 20000 10000 5000 2000 1000 500 200 100 50 20 10 5 2 1

Para la evacuación de humos del Grupo III, dispone de una chimenea de 110 m de altura de forma troncocónica con un diámetro interno en la base de 6,76 m y un mínimo de 5,20 m en el extremo superior.

Está diseñada para consumir carbón hasta el 100 % de hulla, bien mezclas de hulla y antracita el 50 %. Asimismo puede dar su máxima producción utilizando solamente fueloil. El gasoleo sólo se usa para los arranques.

El transporte de carbones a la Central se hace, preferentemente, por ferrocarril, pero también se dispone de medios adecuados para la recepción por camiones. El parque de carbón, de 360.000 toneladas de capacidad, está mecanizado y permite realizar una homogeneización de los carbones.

El fueloil se recibe por ferrocarril. Hay dos tanques de almacenamiento de 6.000 y 3.000 m³, y dos tanques diarios, uno de 300 m³ para los Grupos I y II y otro de 2.000 m³ para el Grupo III.

Para el gasoleo existen tanques y equipo de bombeo adecuados.

3.9.2 Cuenca carbonífera

La cuenca que alimenta esta central es la de Peñarroya-Bélmez-Espiel, con solo dos empresas suministradoras. En el año 1982 aún se consumían hullas de importación, pero éstas han sido ya reemplazadas por hullas de la explotación a cielo abierto de ENCASUR en Puertollano, que viene a ser el 17 % de las consumidas.

Entre los varios estudios realizados figura el encargado por la Compañía Sevillana de Electricidad, cuyos resultados se recogen en el Cuadro 38.

En los estudios realizados por AUXIESA se establecían las siguientes cubriciones para hullas:

| <u>ZONA</u> | <u>Toneladas in situ</u> | <u>Toneladas explotables</u> |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| Espiel | 3.000.000 | 3.000.000 |
| Alberdado | 1.207.000 | 966.000 |
| Juliana | 466.000 | 373.000 |
| Bélmez | 2.390.000 | 2.390.000 |
| Pueblonuevo | 1.151.000 | 921.000 |
| <u>SUMAS</u> | <u>8.814.000</u> | <u>7.652.000</u> |

Cubicaciones para antracitas:

| <u>Zona</u> <u>Capa</u> | <u>Pozo</u> <u>San Rafael</u> | <u>Este</u> <u>falla</u> | <u>Oeste</u> <u>falla</u> | <u>TOTAL</u> |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| Cervantes | - | 1.106.000 | 1.524.000 | 2.630.000 |
| San Rafael | 30.000 | 446.000 | 745.000 | 1.221.000 |
| <u>SUMAS</u> | <u>30.000</u> | <u>1.552.000</u> | <u>2.269.000</u> | <u>3.851.000</u> |

Resumiendo:

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Reservas hullas | 7.652.000 |
| Reservas antracitas | <u>3.851.000</u> |
| <u>TOTAL</u> | <u>11.503.000</u> |

Sin embargo, donde existen unas verdaderas reservas fácilmente explotables y de buena calidad, es la labor a cielo abierto que ENCASUR está realizando en la cubeta sudoccidental de la cuenca de Puertollano.

3.9.3 Combustibles de diseño

En el Proyecto del Grupo III se supone para el mismo un funcionamiento a plena carga, que la combustión de la caldera se realiza con un

25 % de exceso de aire y que el consumo de combustible es de 243,5 toneladas/hora.

El carbón de diseño del que se parte responde a la siguiente composición:

| | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 35,66 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,90 |
| Oxígeno (O ₂) | 7,28 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,75 |
| Azufre (S) | 0,28 |
| Cenizas | 53,13 |
| Humedad | 8,00 |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa con el 2,5 de azufre.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa.

El consumo horario a plena carga del Grupo III es de 243,5 t/hora del carbón de diseño.

3.9.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 39 y 40 se ve la evolución en los carbones adquiridos y consumidos por la central. La importación de hulla se ha suprimido y reemplazado por la de Puertollano. El año 1982 se nota el tirón que produjo en el consumo de hulla la entrada en servicio del Grupo III.

En el Cuadro 41 figura la evolución en el consumo de combustibles líquidos, en el que se ve el tirón producido en la demanda con el encendido y puesta en servicio del Grupo III.

3.9.5 Nivel de emisiones

Los límites que le han sido fijados a esta Central son de 1.200 mg/m³ N en partículas y de 2.400 mg/m³ N para el SO₂.

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 11,97 | 11,66 | 12,02 | 10,80 | 9,60 | 9,70 | 8,30 | 7,90 |
| Cenizas s.m.s. % | 44,26 | 44,53 | 44,36 | 45,40 | 44,50 | 45,60 | 46,60 | 46,10 |
| Volátiles s.m.s. % | 19,38 | 20,11 | 20,64 | 21,20 | 21,50 | 21,50 | 21,30 | 21,40 |
| P.C.S. kcal/kg | 3.944 | 3.760 | 3.637 | 3.541 | 3.681 | 3.719 | 3.633 | 3.671 |
| Cantidad t | 334.899 | 295.297 | 387.880 | 537.536 | 695.614 | 814.063 | 1.032.280 | 1.205.807 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 13,46 | 13,93 | 13,41 | 13,00 | 12,60 | 12,00 | 11,10 | 9,40 |
| Cenizas s.m.s. % | 41,04 | 41,78 | 41,74 | 41,00 | 40,80 | 41,00 | 42,00 | 42,30 |
| Volátiles s.m.s. % | 10,02 | 12,90 | 9,68 | 10,00 | 10,00 | 8,90 | 9,50 | 5,60 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.571 | 3.994 | 3.943 | 4.003 | 4.009 | 4.055 | 4.008 | 4.097 |
| Cantidad t | 119.161 | 112.877 | 128.580 | 204.828 | 110.449 | 154.372 | 168.678 | 194.725 |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | 13,37 | 8,70 | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | 15,05 | 14,30 | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | 40,64 | 34,30 | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | 6.243 | 6.283 | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | - | 22.117 | 39.702 | 87.011 | 14.365 | - | - |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 40

CENTRAL TERMICA: PUEBTE NUEVO Carbon Consumido

| AÑOS | 1-1976 | 1-1977 | 1-1978 | 1-1979 | 1-1980 | 1-1981 | 1-1982 | 1-1983 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 11,68 | 11,05 | 11,79 | 11,00 | 9,60 | 8,80 | 8,80 | 8,00 |
| Cenizas s.m.s. | 44,04 | 45,36 | 44,09 | 45,90 | 45,60 | 46,10 | 45,10 | 46,30 |
| Volátiles s.m.s. | 19,34 | 19,75 | 20,60 | 20,40 | 21,40 | 21,00 | 21,60 | 21,20 |
| P.C.S. kcal/kg | 3.690 | 3.616 | 3.641 | 3.525 | 3.611 | 3.595 | 3.725 | 3.678 |
| Cantidad t | 223.230 | 247.260 | 392.897 | 345.524 | 318.440 | 903.450 | 1.569.604 | 1.228.050 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 13,47 | 13,85 | 13,68 | - | - | 11,50 | 12,30 | 11,80 |
| Cenizas s.m.s. | 40,56 | 41,52 | 42,31 | - | - | 42,30 | 40,80 | 41,70 |
| Volátiles s.m.s. | 9,36 | 12,69 | 11,47 | - | - | 9,20 | 9,90 | 9,30 |
| P.C.S. kcal/kg | 4.047 | 3.873 | 3.805 | - | - | 3.975 | 4.025 | 4.079 |
| Cantidad t | 108.100 | 101.510 | 17.140 | - | - | 116.310 | 272.310 | 483.350 |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | 14,00 | 8,70 | 4,60 | 4,50 | 4,70 | - |
| Cenizas s.m.s. | - | - | 15,00 | 14,40 | 11,90 | 12,70 | 13,00 | - |
| Volátiles s.m.s. | - | - | 43,00 | 33,80 | 27,00 | 25,90 | 25,60 | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | 6.195 | 6.281 | 7.060 | 7.142 | 7.114 | - |
| Cantidad t | - | - | 18.743 | 43.076 | 40.210 | 53.690 | 7.476 | - |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 41

CENTRAL TERMICA:

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 50.140 | 46 |
| 1975 | 51.491 | 48 |
| 1976 | 52.478 | 42 |
| 1977 | 46.230 | 95 |
| 1978 | 24.446 | 56 |
| 1979 | 25.274 | 50 |
| 1980 | 21.493 | 45 |
| 1981 | 56.501 | 3.876 |
| 1982 | 21.940 | 3.003 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

3.9.5.1 Humos

En el Proyecto, partiendo del carbón de diseño y consumos a plena carga ya indicados y suponiendo un exceso de aire del 25 % en la combustión, se llega a la siguiente composición de humos:

| Componente | kg/kg carbón | m ³ /kg carbón |
|------------------|--------------|---------------------------|
| CO ₂ | 1,307 | 0,665 |
| SO ₂ | 0,006 | 0,002 |
| H ₂ O | 0,407 | 0,507 |
| O ₂ | 0,278 | 0,195 |
| N ₂ | 4,626 | 3,700 |
| - | 6,624 | 5,069 |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{6,624}{5,069} = 1,306 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

Sin embargo, los resultados para los consumos medios anuales del año 1982, son los que a continuación se detallan:

a) Combustión de carbones

De acuerdo con datos de la misma central, la composición elemental de las hullas consumidas en los Grupos I y II son, a efectos de un consumo medio anual, según se ha advertido ya en otro lugar los siguientes:

| | | Cuenca Peñarroya-Espiel | Cuenca Puertollano | Mezcla |
|------------------|---|----------------------------|-----------------------|---------|
| Consumo s/húmedo | t | 405.524 | 49.930 | |
| Humedad | % | 8,8 | 8,8 | |
| Consumo s/seco | t | 369.838 | 45.536 | 415.374 |

| Componente elemental | % Ponderal | | |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------|
| | Cuenca Peñarroya-Espiel | Cuenca Puertollano | Mezcla |
| Carbono (C) | 37,6 | 51,1 | 39,08 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,8 | 3,3 | 2,86 |
| Oxígeno (O ₂) | 8,2 | 9,2 | 8,31 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,7 | 1,0 | 0,73 |
| Azufre (S) | 0,4 | 1,3 | 0,50 |
| Cenizas | 50,3 | 34,1 | 48,52 |

A esta composición elemental se le puede hacer un segundo reajuste para ajustarlo a los datos de OFICO, que es el siguiente:

| Composición elemental | % Ponderal mezcla | |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|
| | Cálculo anterior | Ajuste a datos OFICO |
| Carbono (C) | 39,08) | 41,68) |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,86) | 3,05) |
| Oxígeno (O ₂) | 8,31) | 8,86) |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,73) | 0,78) |
| Azufre (S) | 0,50) | 0,53) |
| Cenizas | 48,52) | 45,10) |
| Humedad | - | 8,80 |

$\sum = 100$ $\sum = 100$

Estos Grupos han consumido también en 1982 hulla de importación, cuya composición elemental ajustada es la siguiente:

| <u>Composición elemental</u> | <u>% Ponderal en hulla importación</u> |
|-----------------------------------|--|
| Carbono (C) | 68,47) |
| Hidrógeno (H ₂) | 4,70) |
| Oxígeno (O ₂) | 10,60) |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,00) |
| Azufre (S) | 2,23) |
| Cenizas | 13,00) |
| Humedad | 4,70 |

$\sum = 100$

En el Grupo III, además de las hullas de la zona de Peñarroya, también se han consumido antracitas de esa zona, cuya composición elemental es la siguiente:

| | % Ponderal | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | <u>Según diseño</u> | <u>Ajuste a OFICO</u> |
| Carbono (C) | 54,20) | 51,84) |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,26) | 2,10) |
| Oxígeno (O ₂) | 3,96) | 3,73) |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,96) | 0,86) |
| Azufre (S) | 0,72) | 0,67) |
| Cenizas | 38,10) | 40,80) |
| Humedad | - | 12,30 |

Conocidas las composiciones elementales de los combustibles empleados, se puede calcular el volumen de gases que generan:

a1) Mezcla de hullas nacionales:

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,4168 = 1,528 \text{ kg CO}_2/\text{kg mezcla seca.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,4168 = 0,778 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg mezcla seca.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0053 = 0,0116 \text{ kg SO}_2/\text{kg mezcla seca.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0053 = 0,004 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg mezcla seca.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta: } & \left(\frac{32}{12} \cdot 0,4168 + \frac{32}{32} \cdot 0,0053 + \frac{16}{2} \cdot 0,0305 - 0,0886 \right) = \\ & = 1,272 \text{ kg O}_2/\text{kg mezcla seca.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 1,272 \cdot 0,25 = 0,318 \text{ kg } O_2/\text{kg mezcla seca.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,318 = 0,223 \text{ m}^3 O_2/\text{kg mezcla seca.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible} = \frac{8,80}{91,2} = 0,096 \text{ kg H}_2\text{O/kg mezcla seca.}$$

Agua producida en la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0210 = 0,189 \text{ kg H}_2\text{O/kg mezcla seca}$$

$$P_{H_2O} = 0,096 \cdot 0,189 = 0,285 \text{ kg H}_2\text{O/kg mezcla seca.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,285 = 0,355 \text{ m}^3 H_2O/\text{kg mezcla seca}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,0086 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,272 = 5,332 \text{ kg N}_2/\text{kg mezcla seca.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 5,332 = 4,265 \text{ m}^3 N_2/\text{kg mezcla seca.}$$

La composición teórica de los humos producidos por esta mezcla sería:

| Componente | kg/kg mezcla seca | % | m ³ /kg mezcla seca | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,528 | 20,44 | 0,778 | 13,83 |
| SO ₂ | 0,011 | 0,15 | 0,004 | 0,07 |
| H ₂ O | 0,285 | 3,81 | 0,355 | 6,31 |
| O ₂ | 0,318 | 4,26 | 0,223 | 3,97 |
| N ₂ | 5,332 | 71,34 | 4,265 | 75,82 |
| | 7,474 | - | 5,625 | - |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{7,474}{5,625} = 1,329 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

a 2) Hulla de importación

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6847 = 2,511 \text{ kg CO}_2/\text{kg hulla importación.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,6847 = 1,278 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg hulla importación.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0223 = 0,045 \text{ kg SO}_2/\text{kg hulla importación.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0223 = 0,016 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg hulla importación.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta: } & \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6847 + \frac{32}{32} \cdot 0,0223 + \frac{16}{2} \cdot 0,047 - 0,106 \right) = \\ & = 2,118 \text{ kg O}_2/\text{kg hulla importación.} \end{aligned}$$

Exceso de aire: 25 %.

$$P_{\text{O}_2} = 2,118 \cdot 0,25 = 0,530 \text{ kg O}_2/\text{kg hulla importación.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,530 = 0,371 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg hulla importación.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{4,7}{95,3} = 0,049 \text{ kg H}_2\text{O kg hulla importación.}$$

Agua producida en la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0470 = 0,423 \text{ kg H}_2\text{O/kg hulla importación.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,049 + 0,423 = 0,472 \text{ kg H}_2\text{O/kg hulla importación.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,472 = 0,587 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/ kg hulla importación.}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,010 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 2,118 = 8,873 \text{ kg } N_2/\text{kg hulla imp.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 8,873 = 7,099 \text{ m}^3 N_2/\text{kg hulla importación.}$$

La composición teórica de los humos producidos por estas hullas importadas será:

| Componente | kg/kg hulla importación | % | m ³ /kg hulla importación | % |
|------------------|-------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,511 | 20,20 | 1,278 | 13,67 |
| SO ₂ | 0,045 | 0,36 | 0,016 | 0,17 |
| H ₂ O | 0,472 | 3,80 | 0,587 | 6,28 |
| O ₂ | 0,530 | 4,26 | 0,371 | 3,97 |
| N ₂ | 8,873 | 71,38 | 7,099 | 75,91 |
| | 12,431 | - | 9,351 | - |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{12,431}{9,351} = 1,329 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

a 3) Antracita nacional

CO₂ en humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,5184 = 1,901 \text{ kg CO}_2/\text{kg antracita seca.}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,5184 = 0,968 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg antracita seca.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0067 = 0,013 \text{ kg SO}_2/\text{kg antracita seca.}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0067 = 0,005 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg antracita seca.}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta} = \left(\frac{32}{12} \cdot 0,5184 + \frac{32}{32} \cdot 0,0067 + \frac{16}{2} \cdot 0,021 - 0,0373 \right) =$$

$$= 1,520 \text{ kg } O_2 / \text{kg antracita seca.}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 1,520 \cdot 0,25 = 0,380 \text{ kg } O_2 / \text{kg antracita seca.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,380 = 0,266 \text{ m}^3 O_2 / \text{kg antracita seca.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{12,3}{87,7} = 0,140 \text{ kg H}_2\text{O/kg antracita seca.}$$

Agua producida en la combustión del H₂ =

$$\frac{18}{2} \cdot 0,021 = 0,189 \text{ kg H}_2\text{O/kg antracita seca.}$$

$$P_{H_2O} = 0,140 + 0,189 = 0,329 \text{ kg H}_2\text{O/kg antracita seca.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,329 = 0,409 \text{ m}^3 H_2O / \text{kg antracita seca.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,0086 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,520 = 6,578 \text{ kg N}_2 / \text{kg ant. seca.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 6,578 = 5,263 \text{ m}^3 N_2 / \text{kg antracita seca.}$$

La composición teórica de los humos producidos en la combustión de estas antracitas es:

| Componentes | % Ponderal | | | |
|------------------|----------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| | kg/kg Antracita seca | % | m ³ /kg Antracita seca | % |
| CO ₂ | 1,901 | 20,66 | 0,968 | 14,01 |
| SO ₂ | 0,013 | 0,14 | 0,005 | 0,07 |
| H ₂ O | 0,329 | 3,58 | 0,409 | 5,92 |
| O ₂ | 0,380 | 4,13 | 0,266 | 3,85 |
| N ₂ | 6,579 | 71,49 | 5,263 | 76,15 |
| | 9,202 | - | 6,911 | - |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{9,202}{6,911} = 1,332 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

3.9.5.2 Partículas

En el Proyecto, y para el Grupo III, se parte de un consumo de 243,5 toneladas/hora del carbón de diseño, que proporciona un caudal de humos de 1.538.600 kg/hora, equivalentes a 1.183.538 m³ N/hora.

Se parte de un contenido en cenizas del 53,13 % de las que el 20% se precipitan antes del separador que tiene un rendimiento del 99'5 %.

Por tanto, el caudal base de cenizas evacuado por chimenea es de 517,84 kg/hora, equivalentes a 437,5 mg/m³ N.

En los cálculos que siguen dentro de este trabajo se acepta la misma distribución de escorias y cenizas volantes.

Los precipitadores de los Grupos I y II sólo tienen un rendimiento - del 98 %, mientras que el del nuevo Grupo es un Rothemühle de dos series en paralelo, con un rendimiento garantizado del 99'82 %, aunque en los cálculos sólo se ha tomado el 99'5 %.

En el Cuadro 42 se recogen los datos de emisión de partículas y gases correspondientes a cada una de las chimeneas.

Por la chimenea de los Grupos I y II, el nivel de emisión de partículas será:

$$95,5 \cdot 10^3 / 80,709 = 1.183 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

que es inferior a los 1.200 mg autorizados.

Para la chimenea del Grupo III, el nivel de emisión de partículas será:

$$70,5 \cdot 10^3 / 239,510 = 294,351 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

también inferior a lo admitido, e inferior a las previsiones del proyecto, porque corresponde a una emisión anual media y no a la de plena carga.

CUADRO 42
CENTRAL TÉRMICA DE PUENTE NUEVO
DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPOS I y II | | | GRUPO III | | | SUMA |
|--|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------|----------------|------------|
| | Hulla Nacional | Hulla Import. | Fuel y Gasoleo | Hulla Nacional | Antracita | Fuel y Gasoleo | |
| POTENCIA | 2 • 37,5 | | | 312,8 | | | 387,8 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | MWe | | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 455,454 | 7,476 | 11,000 | 1.114,104 | 272,310 | 14,500 | |
| Humedad (1) | 8,800 | 4,700 | - | 8,80 | 12,300 | - | |
| Consumo anual sobre seco | 415,374 | 7,125 | - | 1.016,063 | 238,816 | - | |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 45,100 | 13,000 | - | 45,100 | 40,800 | - | |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 187,333 | 0,926 | - | 458,244 | 97,437 | - | |
| 15 % Escorias | 28,100 | 0,139 | - | 68,000 | 14,615 | - | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 9,366 | 0,046 | - | 22,912 | 4,872 | - | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 149,867 | 0,741 | - | 366,595 | 77,950 | - | |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 98,000 | 98,000 | - | 99,500 | 99,500 | - | |
| Partículas que salen por la chimenea | 2.997,340 | 14.820 | - | 1.832.975 | 389.750 | - | |
| Emisión de partículas (3) | 95,0 | 95,5 | 0,5 | 58,1 | 70,5 | 12,4 | 166,0 |
| Gases de combustión (4) | 5,625 | 9,351 | 12,921 | 5,625 | 6,911 | 12,921 | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 2.336,479 | 66,626 | 142,131 | 5.715,354 | 1.650,457 | 187,354 | 10.098,401 |
| Caudal de humos (3) | 2.545,236 | | | 7.553,165 | | | |
| Nº de chimeneas | 80,709 | | | 239,510 | | | 320,219 |
| Altura de la chimenea | 1 | | | 1 | | | |
| | 75 | | | 110 | | | |

(1) Datos de OFICO y del I.N. Hidrocarburos ajustados con partes empresa.
(3) 1 año: 31.536 • 10³ segundos.

3.9.5.3 Gases sulfurosos

Para establecer en el Proyecto el nivel de emisiones de SO_2 , se apoya en la composición de los humos que resultan para el combustible de diseño, en los que la proporción de SO_2 era del 0,0056 % (0,006), de lo que deducen que la emisión será de 1.363,6 kg de SO_2 /hora, que equivalen a 1.152 mg SO_2/m^3 N, dentro de los límites autorizados.

En este trabajo, como se trata de establecer la emisión media de una serie de combustibles, resultaría más complejo establecer la composición media de humos, lo que por otra parte no tendría sentido muy realista.

De acuerdo con esto, el procedimiento de cálculo se basará en establecer para cada chimenea los pesos de azufre en forma de SO_2 emitidos, suponiendo que no hay retención en las cenizas.

Para la chimenea de los Grupos I y II, la emisión será:

$$2 (415.374 \cdot 0,0053 + 7.125 \cdot 0,0223 + 11.000 \cdot 0,025) = \\ = 5.270 \text{ t de } \text{SO}_2$$

el nivel de emisiones por segundo será:

$$5.270 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 167.111 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$167.111 / 80.709 = 2.070 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

inferior a los 2.400 mg autorizados.

Para la chimenea del Grupo III, la emisión será:

$$2 (1.016.063 \cdot 0,0053 + 238.816 \cdot 0,0067 + 14.540 \cdot 0,025) = \\ = 14.697 \text{ t de } \text{SO}_2$$

el nivel de emisiones por segundo será

$$14.697 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 466.052 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$466.052 / 239,510 = 1.945 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

inferior a lo autorizado, pero mayor que lo previsto en el Proyecto.

3.9.6 Nivel de inmisiones

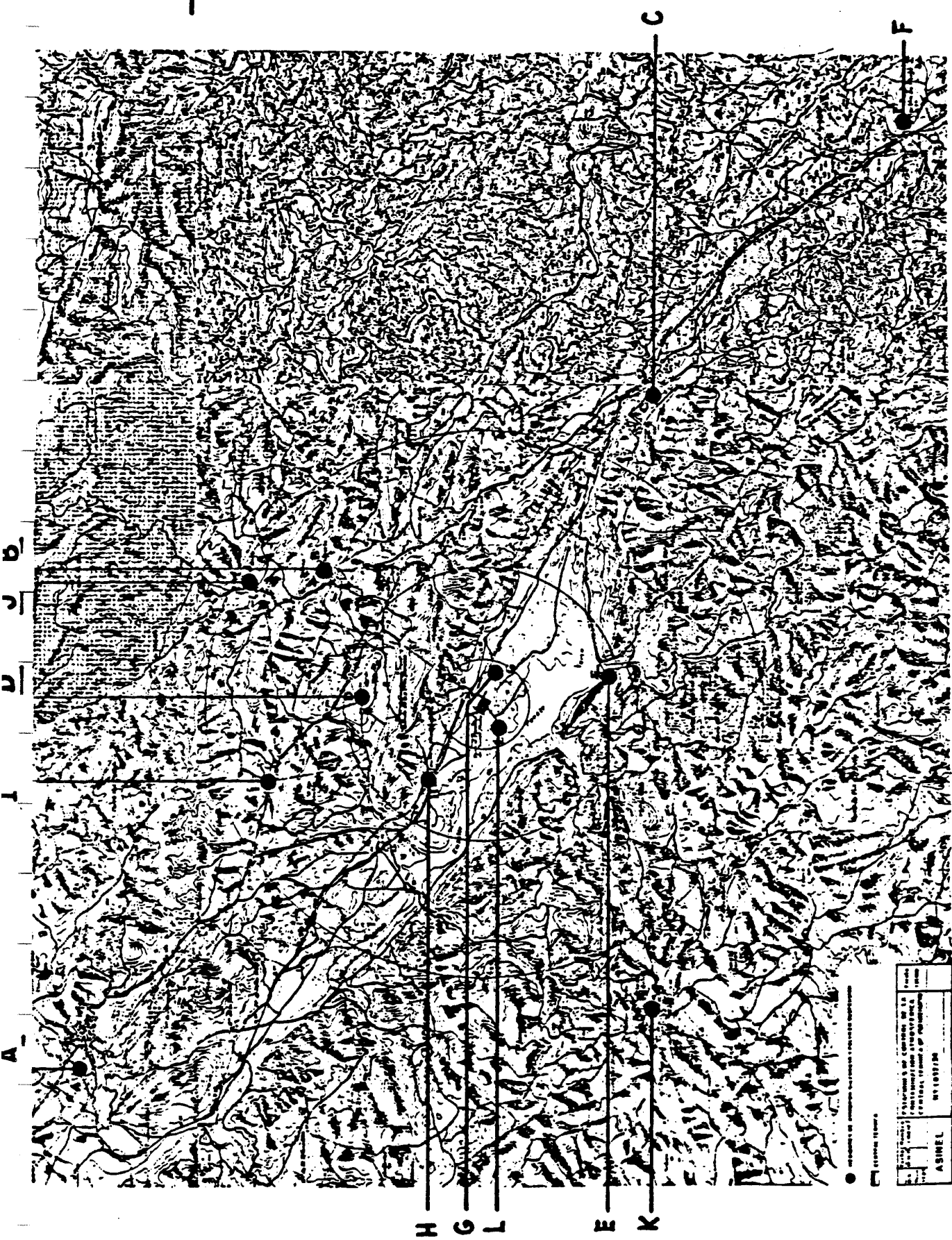
Para la estimación de sobre elevación del penacho se ha utilizado la fórmula de Briggs y para el cálculo de la inmisión máxima el método Pasquill-Guifford.

Por las dificultades encontradas en la alimentación eléctrica de las estaciones de vigilancia, no fué posible atenerse estrictamente a la norma de situarlas en tres áreas concéntricas de 1, 3 y 6 km alrededor de la central.

Sin embargo, tratando de respetar esta norma en lo posible, el emplazamiento de estaciones se eligió de acuerdo con los siguientes criterios: a) Distribución en función de la frecuencia de los vientos; b) Posibilidad de dispersión de humos en función de la orografía; c) Respetar la distribución concéntrica y distancias mientras fuera posible.

De esta manera se eligieron los 12 emplazamientos que figuran en el Plano 23, y que son los siguientes:

| ESTACION | NOMBRE | DISTANCIA km | DIRECCION |
|----------|---------------------------------|-----------------|-----------|
| A | Minas de Espiel | 11,90 | NO |
| B | Villaharta | 4,40 | NE |
| C | El Vacar | 7,80 | ESE |
| D | Casa Velarde | 2,60 | N |
| E | Presa | 2,80 | S |
| F | Estación de Obejo | 15,90 | SE |
| G | Poblado de ENECO | 0,70 | ESE |
| H | Estación de Alhondiguilla | 2,00 | NO |
| I | Minas de la Ballesta | 5,00 | NNO |
| J | San Isidro | 5,80 | NNE |
| K | Villaviciosa | 7,70 | SO |
| L | Casa de bombas | 0,55 | SO |



A SHEET
 BY 10001010
 FEDERAL BUREAU OF SURVEYING
 U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
 GEOLOGICAL SURVEY

H G L E K

Cada estación cuenta con un equipo para determinar la inmisi3n de polvo y SO_2 , de modo no continuo, cada 24 horas y con una autonom3a semanal.

En tres de ellas existir3n otros tantos monitores de medida autom3tica del SO_2 , con autonom3a de 1 mes.

3.10 CARBONERAS

3.10.1 Descripción

La Central Térmica de Carboneras, llamada también Litoral de Almería, es propiedad de E.N. de Electricidad (ENDESA), que está montando un Grupo 550 Mw, diseñado en principio para ser alimentado con hullas de importación.

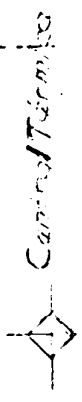
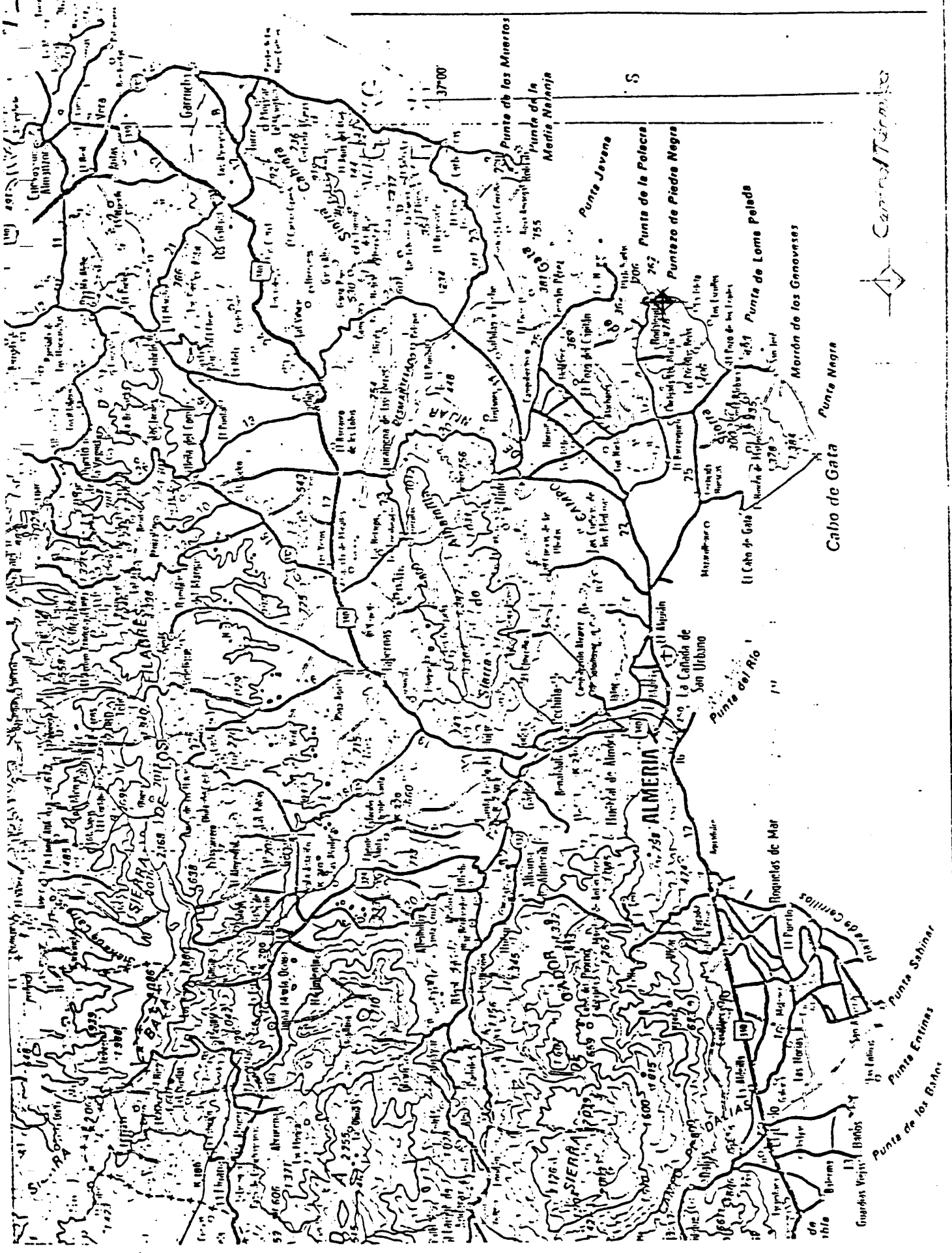
El punto elegido como emplazamiento de la Central está situado cerca del pueblo de Carboneras, en el lugar denominado Cortijada de Torre Vieja, aproximadamente equidistante del Cabo de Gata y de Sierra Almagrera, en el litoral de la provincia de Almería (Plano 24).

El Grupo constará de una turbina de fabricación mixta Bazán-GEB General Eléctrica, con admisión primaria de hasta 1.619,24 t/h de vapor sobrecalentado a 538 °C y 168,7 kg/cm², y una intermedia de 1.462,5 t hora de vapor recalentado a la misma temperatura y a 40,08 kg/cm². Sus consumos específicos a 100 %; 75 %; y 50% de carga son respectivamente de 1.857 kcal/kwh; 1.879 kcal/kwh; y 1.959 kcal/kwh.

El alternador será refrigerado por hidrógeno, tendrá una potencia de 656 Mva, con factor 0,9 y potencia útil de 572,4 Mw y tensión en bornes de 12 kv.

El condensador será refrigerado por agua de mar en circuito abierto con una estación de bombeo en el puerto con dos tuberías de impulsión de 2,50 m de diámetro, con una longitud de 675 metros, que aseguran un gasto de 20 m³/segundo, que vierten en un canal de donde se hacen las tomas para el condensador.

La caldera también de fabricación mixta Babcock Wilcox Española-Combustión Eng., tiene una salida de vapor sobrecalentado de 1.830,27 t/hora a 177,2 kg/cm² efec. y temperatura de 540 °C, una salida intermedia de vapor recalentado de 1.639 t/hora a 43,17 kg/cm² efec. y también a 540 °C.



Carpas Términos

Punta de los Baños
 Punta Entinas
 Punta Salinar
 Punta de Gata
 Punta Negra
 Marrón de los Genoveses
 Punta de Loma Peleda
 Punta de Piedra Negra
 Punta de la Palanca
 Punta Javens
 Punta de los Miertos
 Punta de la Matia Nalania

Esta caldera está diseñada para las siguientes condiciones de carga:

| | |
|-------------------------|-------|
| Carbón | 100 % |
| Gas natural | 85 % |
| Fuel-calentamiento | 12 % |
| Gasoleo-encendido | 3 % |

La altura de la chimenea será de 200 metros con un diámetro interno medio aproximado de 10 metros, ya que está calculada para dar salida a los humos de dos grupos iguales a éste.

El carbón llega al puerto que se está construyendo delante de la central, con barcos de 150.000 T.P.M., desde los que las grúas pórtico del puerto lo pasan a un sistema doble de cintas, con capacidad de transporte para cada uno de 2.200 t/hora, que lo llevan a la central o al parque capaz de almacenar carbón suficiente para la marcha de dos Grupos. Desde este parque mecanizado se puede mandar el carbón a central con una cinta de 2.000 t/hora (Plano 25).

Para el almacenamiento del fueloil pesado nº 2 de Campsa se dispondrá de un depósito de 4.500 m³.

Para el gasoleo se instalarán dos depósitos de 300 m³ y otro de 100 m³.

3.10.2 Carbón de diseño

La composición de los carbones que se van a utilizar se mantendrá normalmente dentro de los siguientes límites:

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| <u>Análisis inmediato:</u> | <u>% Ponderal</u> |
| Humedad | 6 - 4 |
| Cenizas | 5 - 20 |
| Materias volátiles | 20 - 38 |
| Carbono fijo | 0,6 - 2,5 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 5.800 - 6.800 |

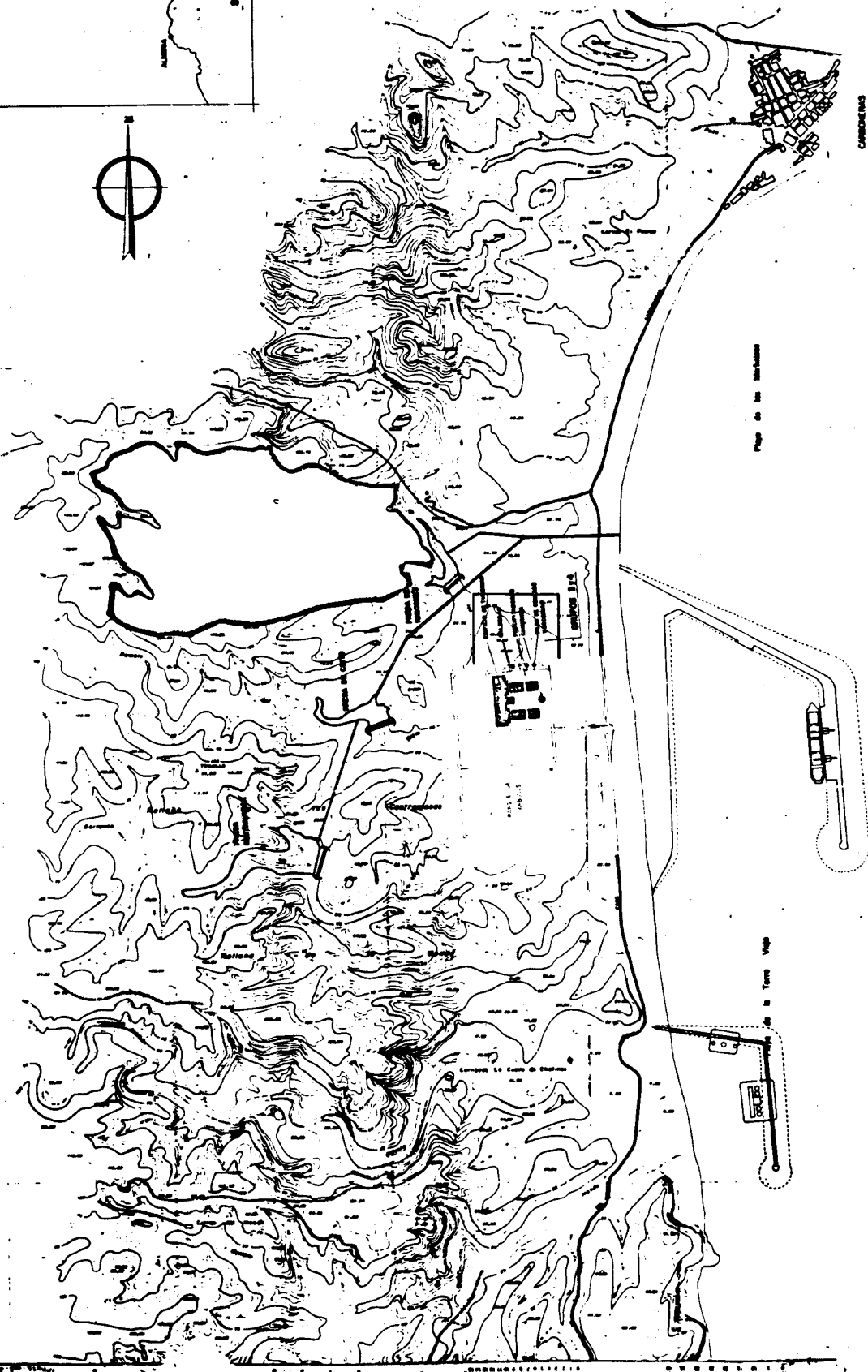
Con relación al azufre ha de indicarse que, aunque se espera que su

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.
CT. LITORAL DE ALMERIA GRUPO 3

SITUACION

Plano N.º PA.75-OP-A.01.201
EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.
CT. LITORAL DE ALMERIA GRUPO 3

SITUACION GENERAL



contenido oscile normalmente entre el 1,2 y el 2,1 %, dadas las características especiales del mercado internacional de estos carbones y la variedad de suministradores, una coincidencia de circunstancias - puede hacer que, durante cortos períodos de tiempo, se trabaje con proporciones de azufre del 2,5 %. Por otra parte, es notoria la dificultad de conseguir calidades bajas en azufre, y por tanto habrá de contarse con contenidos de azufre superiores al 1,5 %.

A los efectos de cálculos de emisiones manejados en el Proyecto, se parte de un carbón de las siguientes características:

| | |
|---------------------|-------------------|
| Análisis inmediato: | <u>% Ponderal</u> |
| Humedad | 10 |
| Cenizas | 13 |
| Volátiles | 25 |
| Carbono fijo | 52 |

Nada se dice sobre la composición elemental del mismo.

3.10.3 Nivel de emisiones

En la autorización administrativa de esta central nada se dice sobre condiciones particulares con relación a las mismas, por lo que hay que suponer que seguirán siendo de 350 mg/m³ N para las partículas y 2.400 mg/m³ N para el SO₂.

3.10.3.1 Humos

Los cálculos de volúmenes de gases de combustión, se basan en este Proyecto, en que el proceso se realizará utilizando un excedente de aire del 20 % sobre la cantidad estequiométrica necesaria. El aire se tomará a una temperatura de 15 °C y su humedad relativa media es del 70 %.

Por otra parte, de acuerdo con las especificaciones del suministrador de la caldera, la fuga del aire en los precalentadores, hacia los ga-

ses de combustión, será del orden del 6 % de la precisa para la combustión del carbón.

Con un consumo previsto de 200 t/hora de carbón en la caldera, se producirán alrededor de 2.400 t/hora, equivalentes a 1.800.000 m³N/hora de gases.

La composición media de estos gases es la siguiente:

| | <u>% en volumen</u> |
|--|--------------------------|
| Anhidrido carbónico (CO ₂) | 13,9 |
| Anhidrido sulfuroso (SO ₂) | 0,2 |
| Oxígeno (O ₂) | 4,0 |
| Nitrógeno (N ₂) | 74,9 |
| Vapor de agua | 7,0 |
| Peso específico | 1,32 kg/m ³ N |

3.10.3.2 Partículas

En hogares similares al de la caldera de este Grupo, es normal que alrededor del 15 % de las partículas se depositen en las tolvas del economizador, precalentador y cambio de dirección de conductos de humos, mientras que el 85 % restante son las cenizas volantes que llegan al precipitador.

Hay que advertir que se está haciendo referencia a las hipótesis del Proyecto en ejecución, y no a la norma que generalmente se ha aplicado en este trabajo, entre la repartición de escorias y cenizas volantes que entran en el precipitador, que por lo general se ha supuesto que eran sólo el 80 % de los generados en la combustión.

Teniendo en cuenta las características más desfavorables del carbón:

| | |
|---------------|---------------|
| Cenizas | 20 % en peso |
| P.C.S. | 5.800 kcal/kg |
| Consumo | 218 t/hora |

el reparto de las partículas de la combustión será el siguiente:

| | |
|--|---|
| Producción de partículas | $218 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 43.600 \text{ kg/hora}$ |
| Escorias en el hogar | $43.600 \cdot 0,15 = 6.540 \text{ kg/hora}$ |
| Partículas que entran en el precipitador | $43.600 \cdot 0,85 = 37.060 \text{ kg/hora.}$ |

El precipitador tendrá un rendimiento del 99,785 %, por tanto:

$$\begin{aligned} \text{Partículas que salen de los humos: } & 37.060 \cdot 10^3 \cdot 0,00215 = \\ & = 79.679 \text{ kg/hora.} \end{aligned}$$

Estas emisiones se pueden expresar, ponderalmente o volumétrica.

Emisión ponderal: $79.679 / 3.600 = 133,2 \text{ g/segundo.}$

Emisión volumétrica: $79.679 \cdot 10^3 / 1.800.000 = 44,26 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$

esta última forma de evaluación queda dentro de los límites admitidos.

3.10.3.3 Gases sulfurosos

El dióxido de azufre presente en los gases emitidos a la atmósfera, procede de la combustión de los componentes orgánicos del azufre y de los polisulfurosos existentes en el carbón, aunque por trabajar por encima de los 800 °C, también puede proceder de la descomposición de los sulfatos.

La determinación exacta de la proporción emitida sólo podrá precisarse de las condiciones de la explotación, realizando un balance del SO₂ contenido en los gases de combustión y del retenido en cenizas y escorias, así como del separado en rechazos de molinos o en productos de combustión incompleta.

Sin embargo, adoptando una posición conservadora, puede considerarse el caso más desfavorable de que la totalidad del azufre del carbón se transforme en SO₂, y para el contenido más elevado previsto en dicho elemento (2,5 %), la emisión horaria sería:

$$2 \cdot 218 \cdot 0,025 = 109 \text{ t SO}_2/\text{hora}$$

y su concentración volumétrica será:

$$10.900 \cdot 10^6 / 1.800.000 = 6.055 \text{ mg/m}^3 \text{ N de SO}_2$$

por encima de los límites admitidos, pero hay que tener en cuenta que se ha partido del carbón más desfavorable.

Una cifra más realista sería la de suponer que las emisiones de SO_2 estarán comprendidas entre 5.300 y 5.800 mg/m^3 N.

3.10.4 Nivel de inmisiones

Como el nivel de emisiones de partículas queda por debajo de los niveles autorizados, sólo se tendrá la influencia de las emisiones de SO_2 para calcular su incidencia en los niveles de inmisión.

El cálculo de la chimenea ha sido precedido de un estudio meteorológico y topográfico del área afectada por la central, y un estudio de dispersión, aplicando la fórmula de Briggs para determinar la sobre-elevación del penacho y las de Pasquill-Gifford para la difusión atmosférica.

A diferencia de otras muchas centrales, ésta carece de un apoyo experimental previo en que basar su actuación futura en el campo de las inmisiones, por tanto no se dispone aún de criterios válidos para ubicar los emplazamientos de las ocho estaciones de seguimiento reglamentariamente prescritas.

Sin embargo, si está proyectada la estación de observaciones meteorológicas, que será una torre de 60 metros de altura y que en puntos de lectura situados a ras del suelo a 10, 24,5 y 60 metros, recogerán velocidades y dirección del viento, humedad relativa, gradientes de temperaturas y redimensión solar, cuyas mediciones serán centralizadas en un centro de control.

3.11 BAHIA DE ALGECIRAS

3.11.1 Descripción

La Compañía Sevillana de Electricidad es propietaria de la central térmica Bahía de Algeciras, situada en la zona marítimo-terrestre de la playa de Puente Mayorga, dentro del término municipal de San Roque (Cádiz), en la bahía citada, a 18 km de la ciudad de Algeciras y a 6 km de la ciudad de La Línea (Plano 26).

Consta de dos Grupos turbogeneradores de energía eléctrica, del tipo monobloque, con sus correspondientes calderas y equipos auxiliares. Las potencias nominales de cada uno de ellos son 220 Mw para el Grupo I, y 533 Mw para el Grupo II, sin que esté prevista en el futuro la instalación de ninguna unidad adicional.

El objeto del Proyecto es la modificación de la caldera generadora de vapor del Grupo I, que actualmente utiliza fueloil como combustible, para que pueda operar con carbón de importación.

El Grupo I está constituido básicamente por una caldera Stein et Roubaix, de circulación forzada, capaz para producir 685 t/h de vapor a 173 kg/cm^2 y $545 \text{ }^\circ\text{C}$, con un exceso de aire de combustión del 11 % y con un rendimiento teórico del 87,63 %.

La turbina es una Alsthom de potencia nominal de 275 MVA con vapor de entrada a 166 kg/cm^2 y $540 \text{ }^\circ\text{C}$, con un rendimiento del 42,86 %.

El sistema de refrigeración del condensador es con agua de mar, a través de dos sifones de donde aspiran las bombas. El agua caliente se vierte al Arroyo de los Gallegos, que discurre junto a la central por su lado este.

El circuito de gases es independiente, disponiendo de su propia chimenea, pero no está dotado de filtros mecánicos para la depuración de gases.

El sistema de almacenamiento del fueloil son dos tanques de 6.000 m^3 y

otros dos tanques diarios de 650 m³.

Los cambios que habrán de realizarse son los siguientes:

- a) En el sistema de almacenamiento del carbón, se requiere una capacidad mínima para el funcionamiento a plena carga del Grupo durante 60 días, lo que equivale a 105.000 toneladas.

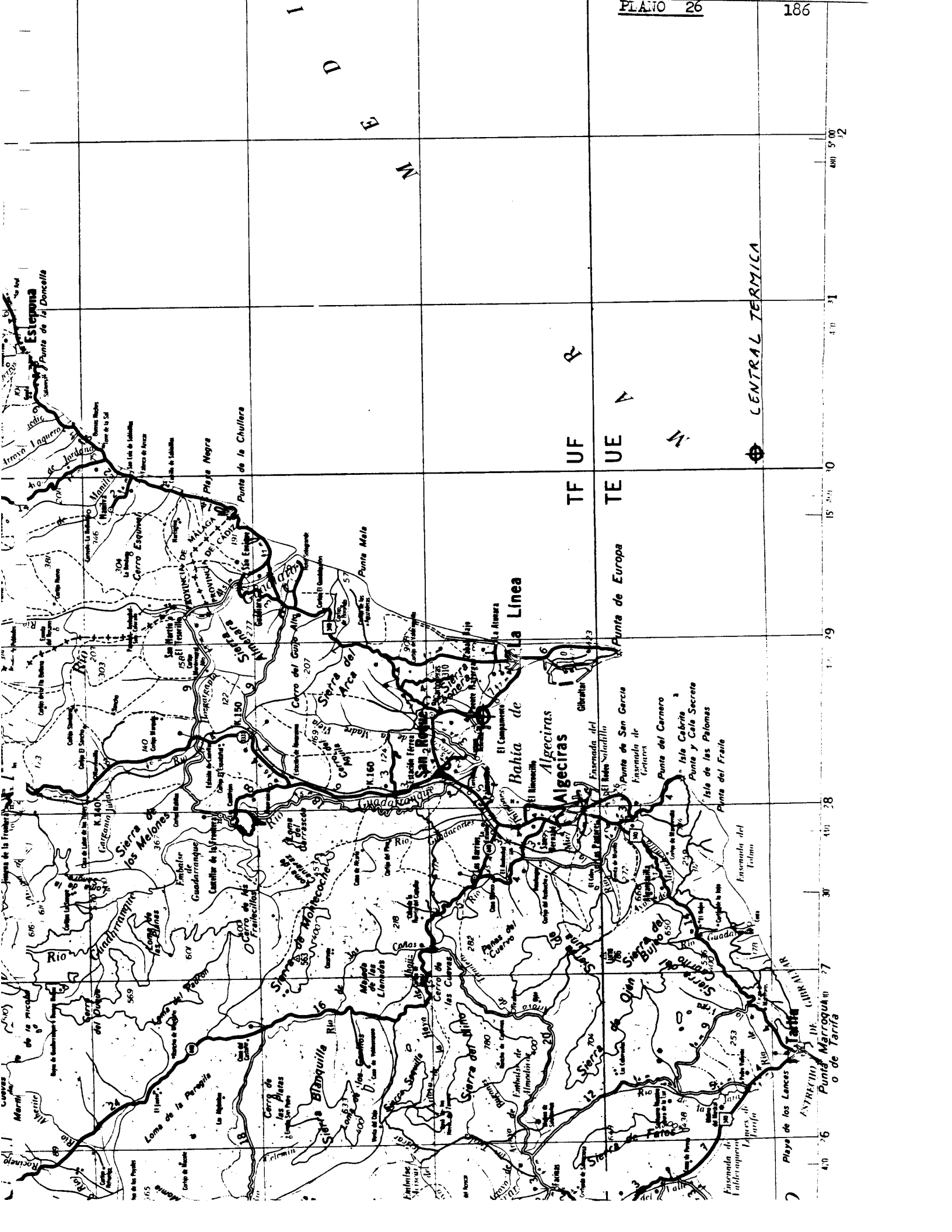
Como en la propia central no se dispone del espacio necesario para instalar un parque de tales dimensiones, se utilizará como parque principal el de la central de Los Barrios, de unas 850.000 toneladas de capacidad, instalando dentro del recinto de la de la Había de Algeciras un parque diario con capacidad de 25.000 toneladas de carbón, equivalente a unos 15 días de funcionamiento a plena carga. Dicho parque estará cubierto para evitar contaminar las zonas próximas a la central con polvo de carbón.

El transporte de carbón entre ambos parques, distantes unos 3,5 km en línea recta, se realizará por uno de los tres siguientes sistemas: Ferrocarril; Camión; Barcaza (Planos 27 y 28).

- b) Sistema de preparación del combustible, que exigirá disponer de silos con una capacidad equivalente a 16 horas de funcionamiento a plena carga.
- c) Sistema de combustión, pues aunque la caldera fué diseñada en su día para permitir la combustión de carbón proporcionando una potencia nominal igual a la obtenida con el fueloil (220 Mw), no se va a disponer de la misma calidad de carbones que la utilizada en dicho diseño, y resultará imposible alcanzar con el nuevo tipo de carbón más del 90 % de la potencia nominal, con lo que el Grupo I, la verá reducida a un mínimo de 199 MW, y 185 Mw nominales.

Las modificaciones afectarán a los quemadores, sobrecalentadores, paso de tiro forzado a tiro natural asistido, sopladores, controles, e instalación de un cenicero y modificaciones que ello comporta en la recirculación de gases.

Una vez hechas estas reformas, las condiciones de funcionamiento -



E
D
M

TF UF R

TE UE V

W

CENTRAL TERMICA

4:0 76 30 40 28 14 29 15 30 0 4:0 31 400 5'00 32

Playa de los Lances
Punta Marroquín
O de Tarrifa

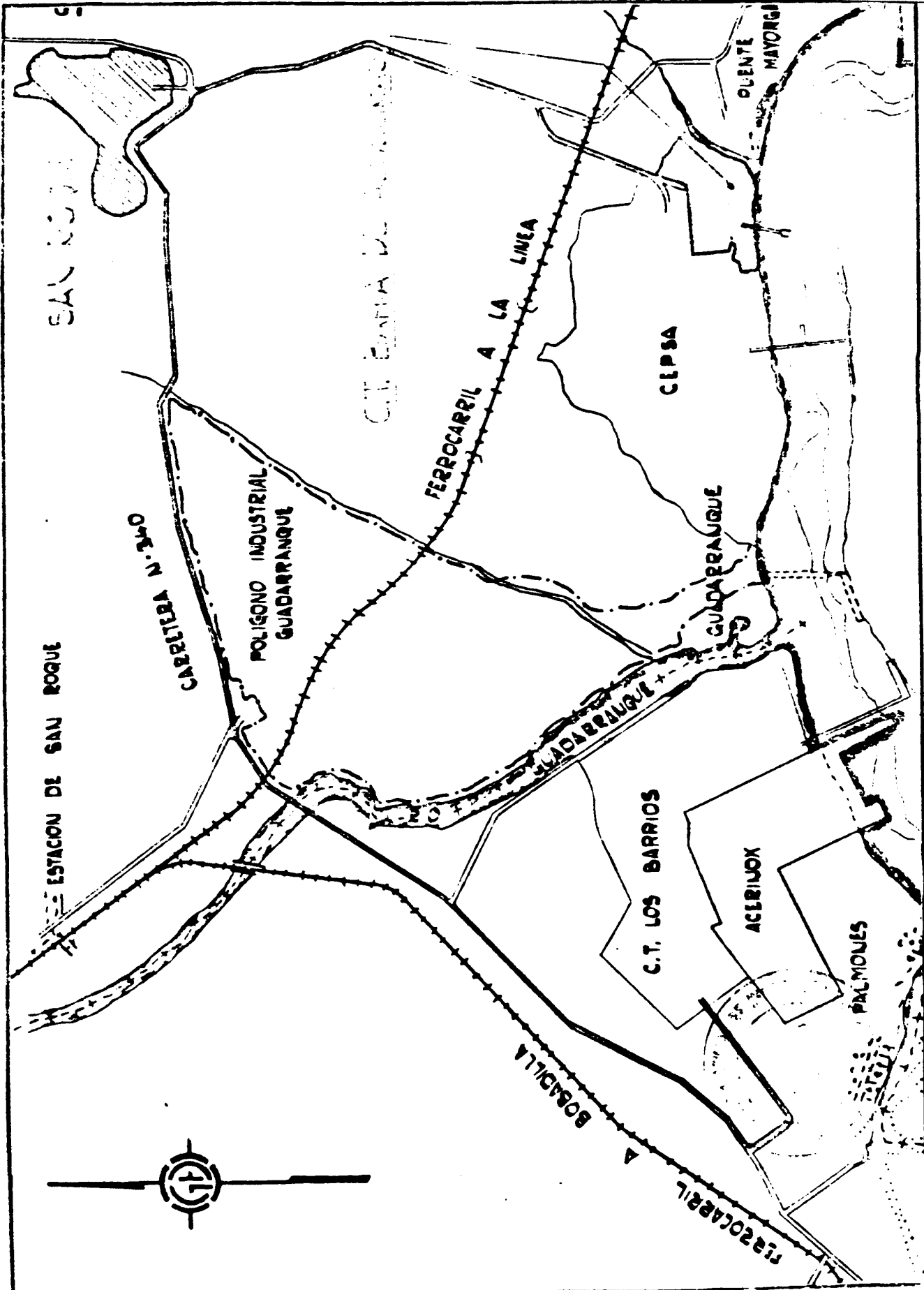
Sierra de las Palomas
Punta de San García
Punta del Carnero
Punta y Cala Secreta
Isla de las Palomas
Punta del Fraile

Bahía de Algeciras
Algeciras
Gibraltar

Sierra de las Uñas
Sierra de las Puercas
Sierra de las Culebras
Sierra de las Puercas
Sierra de las Puercas

Sierra de las Palomas
Sierra de las Puercas
Sierra de las Uñas
Sierra de las Puercas
Sierra de las Puercas

Estepona
Punta de la Doncella
Arroyo Laguerro
Arroyo Jordán
Arroyo de la Seta



| | | | | | |
|--|--------|-------|----------|------------------------|--|
| C.T. SEVILLANA DE ELECTRICIDAD S.A. C.T. | | | | BAHIA DE ALGECIRAS G-I | |
| CAMBIO DE COMBUSTIBLE | | | | | |
| TRANSPORTE POR CARRETERA | | | | | |
| PLANO GENERAL | | | | | |
| N.º Proyecto | Escala | Fecha | Director | DESCRIPCION | |

de la caldera serán de 620 t/h de vapor o 173 kg/m^2 y $545 \text{ }^\circ\text{C}$, trabajando con un exceso de aire del 20 % y un rendimiento teórico del 91,5 % sobre el poder calorífico superior.

- d) Sistema de eliminación de residuos, que a plena carga supondrá la eliminación de 13 t/hora de escorias y cenizas, que serán neumáticos e hidráulicos.
- e) Sistema de depuración de gases, que exigirá la instalación de dos precipitadores electrostáticos horizontales en paralelo.
- f) Se conservará la actual chimenea de 113,10 metros de altura dado que el nivel de emisiones de SO_2 utilizando carbones, será menor que el actual que garantiza un buen nivel de inmisiones.

3.11.2 Combustibles de diseño

El carbón de diseño adoptado como tipo medio, responde a las siguientes composiciones:

| Análisis elemental: | <u>% Ponderal</u> |
|----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 64,86 |
| Hidrógeno (H_2) | 4,23 |
| Oxígeno (O_2) | 7,14 |
| Nitrógeno (N_2) | 1,88 |
| Azufre (S) | 0,85 |
| Cenizas | 15,04 |
| Agua | 6,00 |

| Análisis de cenizas: | <u>% Ponderal</u> |
|---|-------------------|
| Sílice (Si O_2) | 38,40 |
| Alúmina ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) | 16,73 |
| Oxidos de hierro ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$) | 29,97 |
| Oxido de manganeso (Mn O_2) | 0,06 |
| Oxido de magnesio (Mg O) | 1,74 |
| Oxido de calcio (Ca O) | 2,86 |
| Anhídrido sulfúrico (S O_3) | 2,77 |
| Oxido de fósforo ($\text{P}_2 \text{O}_5$) | 0,37 |
| Oxido de sodio ($\text{Na}_2 \text{O}$) | 1,16 |
| Oxido de potasio ($\text{K}_2 \text{O}$) | 2,64 |

Los rangos de variación serán los siguientes:

| Análisis inmediato: | <u>% Ponderal</u> |
|---|-------------------|
| Humedad | 2 - 8 |
| Cenizas | 20 máximo |
| Materias volátiles | 25 - 35 |
| Carbono fijo | 45 - 35 |
| Análisis elemental: | |
| | <u>% Ponderal</u> |
| Carbono (C) | 55 - 75 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2 - 5 |
| Oxígeno (O ₂) | 1 - 6 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1 - 2 |
| Azufre (S) | 0,6 - 1,6 |
| Cenizas | 20 máximo |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 6.110 - 7.220 |

3.11.3 Fuentes de suministro

En el Cuadro 43 figura una relación de posibles suministradores extranjeros de Australia, Africa del Sur, India y Estados Unidos.

El carbón, que según el Proyecto presente un riesgo mayor de contaminación por emisión de SO₂, es el tipo Greta australiano, que responde a la siguiente especificación:

| Análisis inmediato: | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Cenizas (s.m.s.) | 6,3 |
| Volátiles (s.m.s.) | 41,6 |
| Carbono fijo (s.m.s.) | 52,1 |
| Análisis elemental (sin cenizas): | |
| | <u>% Ponderal</u> |
| Carbono (C) | 83,6 |
| Hidrógeno (H ₂) | 6,2 |
| Oxígeno (O ₂) | 6,7 |
| Nitrógeno (N ₂) | 2,0 |
| Azufre (S) | 1,5 |
| Cenizas | 6,2 |
| Humedad inherente | 2,3 |

CALIDADES CARBON TERMICO ILFORTADO

| | Africa del Sur T C O A | Australia C & A PTY, Ltd. | India M & L.T.C. | E.U. S.S.I.C.C.C. | Africa del Sur T C O A | ? IMMINGHAM |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------|
| Humedad | % 7,5 | 3,5 máx. | 5 máximo | - | 8 | 12/13 |
| Consumo fijo | % - (s.s.) | 53,0 aprox. | - | - | 59,5 (s.s.) | - |
| Volátiles | % 20/25(s.s) | 33,5 aprox. | 30/35 | 25 mín. | 24,0 (s.s.) | 30/31 |
| Cenizas | % /6 (s.s) | 10,1 (±0,5) | 16 máximo | 17 máx. | 16,5 (s.s.) | 10/11 |
| Azufre total | % 0,56/8 | 0,6 máx. | 1 máximo | 1 máx. | 0,8 | 1,35/1,45 |
| P.C.S. kcal/kg (x) | 5.000 (base) | 6.950 aprox. | 5.900 (s.a.) | 12,200 BTU/lb | 27,7 MJ/kg | 6.100 |

(x) Salvo los indicados en BTU y en MJ.

De carbones australianos hay una lista de 38 minas, con indicación de sus contenidos de humedad, cenizas, volátiles, carbono fijo, azufre en sus tres formas, así como de sus poderes caloríficos expresados en BTU/lb y MJ/kg.

Análisis complementario del azufre:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|-----------------------|-------------------|
| Azufre orgánico | 0,86 |
| Azufre pirítico | 0,54 |
| Azufre sulfado | 0,03 |

El análisis elemental de este carbón tal como se recibe es:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 76,53 |
| Hidrógeno (H ₂) | 57,73 |
| Oxígeno (O ₂) | 6,14 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,83 |
| Azufre (S) | 1,38 |
| Cenizas | 6,16 |
| Agua | 2,30 |

El carbón que según el Proyecto presenta un mayor potencial de contaminante por emisión de partículas, con la condición de que no rebase el 17 %, es el carbón sudafricano que tiene las siguientes características:

Análisis inmediato:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|-----------------------------|-------------------|
| Cenizas (s.m.s.) | 16,5 |
| Volátiles (s.m.s.) | 24,0 |
| Carbono fijo (s.m.s.) | 59,5 |

Análisis elemental:

| | <u>‰ Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 70,0 |
| Hidrógeno (H ₂) | 4,0 |
| Oxígeno (O ₂) | 7,1 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,6 |
| Azufre (S) | 0,8 |
| Cenizas | 14,5 |
| Humedad | 8,0 |

| Análisis elemental: | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 64,40 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,68 |
| Oxígeno (O ₂) | 6,53 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,47 |
| Azufre (S) | 0,74 |
| Cenizas | 15,18 |
| Agua | 8,00 |

Entre estos dos casos extremos está el carbón de diseño antes indicado.

3.11.4 Nivel de emisiones

Esta central tiene condiciones particulares para sus niveles de emisión que se han fijado en 300 mg/m³ N para partículas y 4.500 mg/m³ N para SO₂.

3.11.4.1 Humos

En el Cuadro 44 se detallan los pesos y volúmenes de los diferentes componentes de los humos:

Como se ha supuesto que se trabaja con el oxígeno teórico, no hay O₂ en los humos.

Ahora bien, si suponemos que se emplea un 25 % de aire los resultados serían los siguientes:

$$O_2 \text{ aporta } \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6486 + \frac{32}{32} \cdot 0,0085 + \frac{16}{2} \cdot 0,0423 - 0,0714 \right) =$$

$$= 2,0468 \text{ kg } O_2/\text{kg carbón}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 2,0468 \cdot 6,25 = 0,5117 \text{ kg } O_2/\text{kg carbón}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,512 = 0,3582 \text{ m}^3 O_2/\text{kg carbón}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,0188 + 0,77 \frac{1,25}{0,23} \cdot 2,0468 = 8,5842 \text{ kg } N_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 8,585 = 6,6673 \text{ m}^3 N_2/\text{kg carbón seco.}$$

Entonces la composición de gases será:

| Componente | kg/kg carbón | % | m ³ /kg carbón | % |
|------------------|--------------|-------|---------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,3782 | 19,93 | 1,2107 | 13,47 |
| SO ₂ | 0,0170 | 0,14 | 0,0060 | 0,07 |
| H ₂ O | 0,4407 | 3,69 | 0,5484 | 6,10 |
| O ₂ | 0,5117 | 4,29 | 0,3582 | 3,98 |
| N ₂ | 8,5842 | 71,95 | 6,8673 | 76,38 |
| | 11,9318 | - | 8,9906 | - |

La densidad de estos humos será:

$$11,9318 / 8,9906 = 1,327 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

3.11.4.2 Partículas

Como el contenido de cenizas del carbón de diseño es del 15,04 % y el rendimiento del precipitador electrostático es del 98,5 %, el nivel de partículas emitidas será:

$$0,1504 \cdot 10^6 \cdot 0,015 / 8,9906 = 250 \text{ mg/m}^3 \text{ N de partículas, in}$$

ferior al que pone el cuadro porque se ha trabajado con un exceso de aire del 25 %, y también por debajo de los límites autorizados.

3.11.4.3 Gases sulfurosos

La emisión de SO₂ es más fácil de calcular, ya que para el contenido de azufre del carbón del 0,70 % será:

$$0,0074 \cdot 10^6 / 8,9906 = 823,08 \text{ mg/m}^3 \text{ N de SO}_2$$

También inferior a los límites autorizados.

3.11.5 Nivel de inmisiones

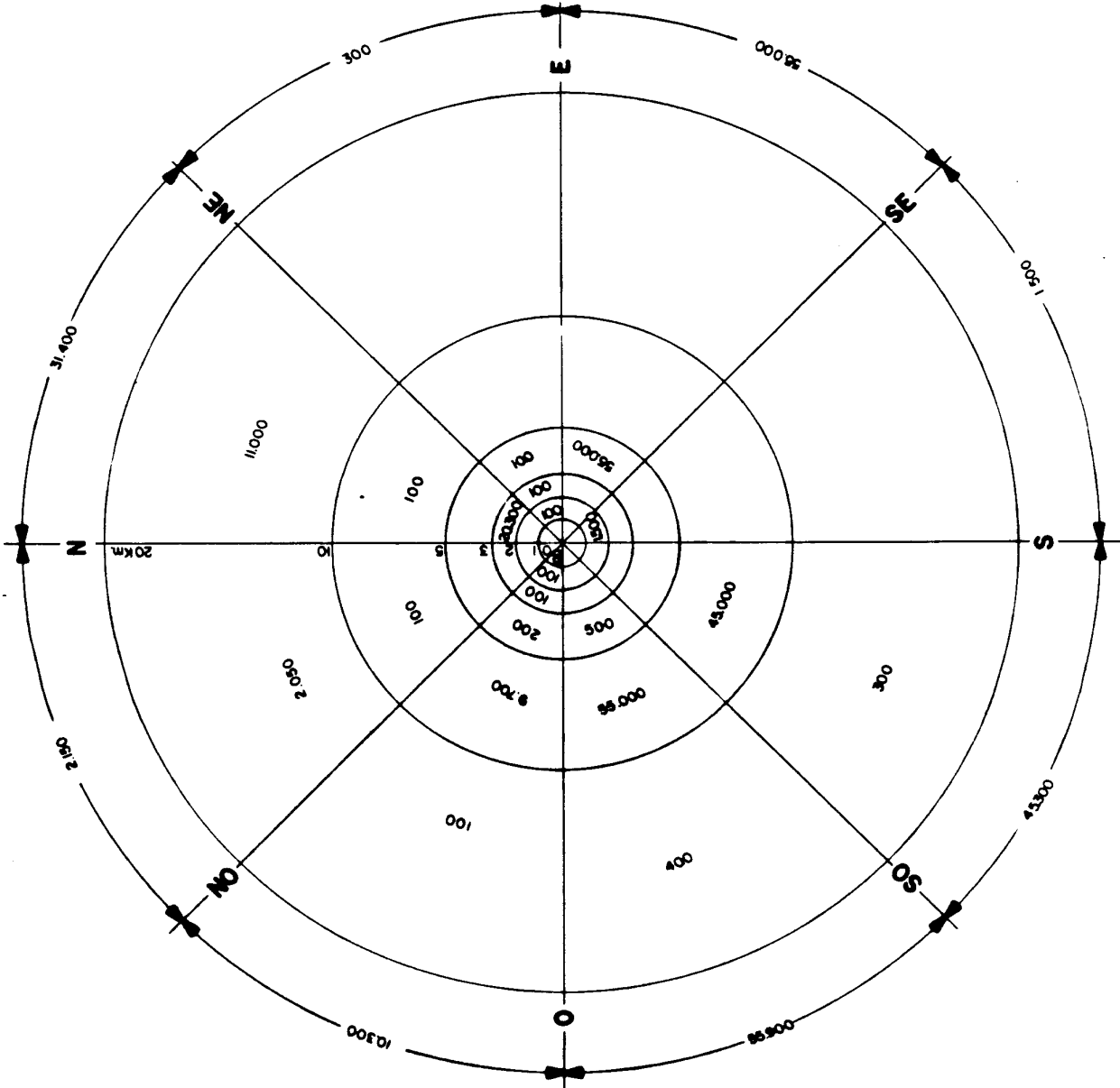
Los datos meteorológicos manejados son de observatorios muy próximos emplazados en: Aeropuerto de Málaga (período 10 años); Base Aérea de Jerez de la Frontera (período 5 años); Tarifa (período 20 años); y Algeciras (período 20 años).

Por otra parte, de los estudios realizados se deduce que como con la chimenea existente los niveles de inmisión producidos por la combustión del fueloil en este Grupo son aceptables, no será preciso sustituirla, ya que el cambiar a carbón va a bajar el nivel de emisiones de SO_2 .

En el emplazamiento de la red de sensores se tendrá en cuenta la distribución demográfica en torno de la central (Plano 29).

DISTRIBUCION DE POBLACION ALREDEDOR DEL EMPLAZAMIENTO

ESCALA 1:200000



| | | |
|---|--------|--------|
| 0 | 100 | 100 |
| 1 | 1800 | 20000 |
| 2 | 22300 | 55000 |
| 3 | 78100 | 108000 |
| 4 | 168000 | 201800 |
| 5 | 355000 | 381800 |
| 6 | 608000 | 631800 |

HABITANTES DESDE EL ORIGEN (1970)

HABITANTES ENTRE RADIOS (1970)

4. CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON LIGNITO NEGRO

De las centrales que queman este tipo de combustible sólo se han considerado tres.

La central de Teruel, situada cerca del pueblo de Andorra, en la provincia del mismo nombre, que está proyectada para quemar carbones de las minas colindantes. Sin embargo, el exceso de azufre de estos lignitos, sumado a fallos en las producciones previstas, han obligado a un empleo creciente de antracitas y hullas nacionales bajas de volátiles, en sustitución de las hullas importadas que al principio se emplearon. Además, y para prever situaciones anómalas en los parámetros que rigen la difusión de humos, se recurre a aportaciones limitadas de gas natural.

En la misma provincia se encuentra la central de Escucha, que no se recoge en este trabajo por carecer en absoluto de sus datos constructivos. En todo caso, esta central consume lignitos de la cuenca de Utrillas, que en un tiempo tuvieron gran demanda para consumos domésticos e industriales, pero que hoy día, por empobrecimiento del criadero y métodos de laboreo utilizados han bajado muchísimo en calidad. También en esta central se tuvo que recurrir a las importaciones de hulla, aunque hoy día ya no se hace, lo cual la pone en difícil situación.

La central de Serchs (Sercs en catalán), se encuentra en la provincia de Barcelona y consume los lignitos de la cuenca de Figols, que también son muy sucios debido a su laboreo mecanizado, que no elimina las intercalaciones de margas que antes se dejaban en el relleno de los talleres. A pesar de ello, aún son insuficientes, y se tuvo que recurrir a la importación de hullas que hoy día son reemplazadas con antracitas y hullas nacionales.

La central de Alcudia se encuentra en la isla de Mallorca y consume los lignitos allí explotados, que se han reforzado con lignitos traídos de la Península, que sin embargo plantean problemas de combustión. Sin embargo, la mayor aportación energética se hace a base de combustibles líquidos.

Tampoco se recoge en este trabajo a la central de Escatrón, próxima a ser retirada de servicio a pesar de que ello supondrá la clausura de las explotaciones mineras de Mequinenza.

4.1 TERUEL

4.1.1 Descripción

Esta central térmica es propiedad de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), que tiene instalados tres Grupos de 350 MW con una potencia total de 1.050 MW.

La central está emplazada en el término municipal de Andora, provincia de Teruel, a unos 6 km del citado pueblo, en una zona próxima al margen izquierdo de la carretera que lo une al pueblo de Calende. Para elegir este emplazamiento se estudiaron los inconvenientes o las ventajas que ofrecía el montar una planta nueva o ampliar la de Escatrón, que tenía ya una larga historia y personal con experiencia en el manejo y entretenimiento de este tipo de centrales y además poblados y alojamiento para el mismo. Sin embargo se dio preferencia a la localización actual (Planos 30 y 31).

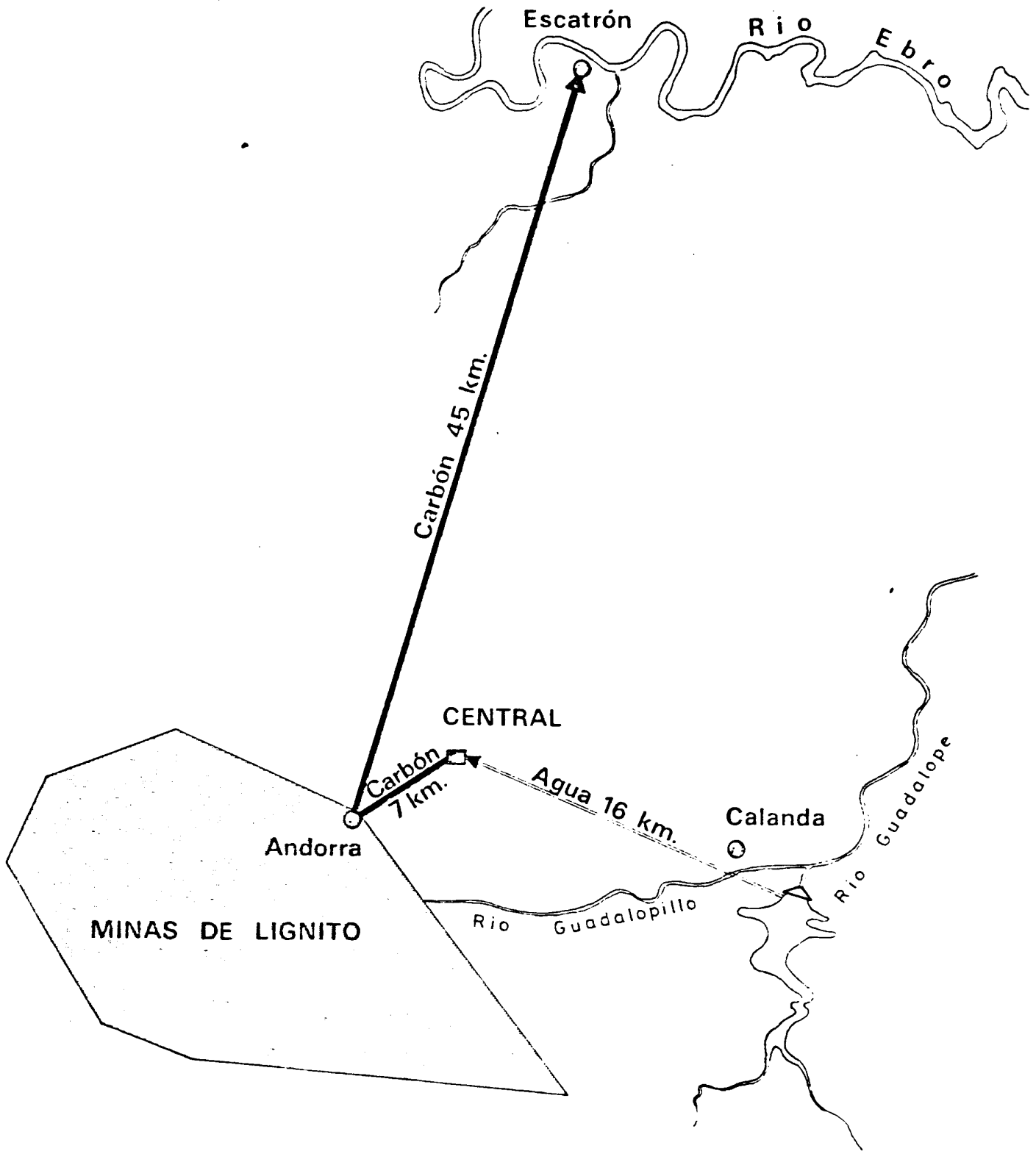
Cada Grupo consta de una turbina de fabricación combinada Mitsubishi-Bazán, capaz de producir 350 MW, con una primera alimentación de vapor sobrecalentado a 538 °C y 162 kg/cm² y otra intermedia de vapor recalentado a 538 °C y 40 kg/cm².

El alternador es un Westinghouse, refrigerado con hidrógeno, con una capacidad de 389 MVA, factor de potencia 0,95, y tensión en bornes de 18 kv.

El agua de refrigeración para el condensador procede del río Guadalupe, estando la estación de toma a 16 km de la central, desde la que es bombeada a ésta. La concesión de aguas a ENDESA ascienda a un volumen anual de 18 Hm³, es decir, 0,57 m³/segundo. Como no se puede trabajar en circuito abierto, se ha montado para cada Grupo una torre de refrigeración hiperbólica de tiro natural, de 107 metros de altura y 85,50 metros de diámetro en la base, con capacidad de refrigeración de 10,556 m³/segundo.

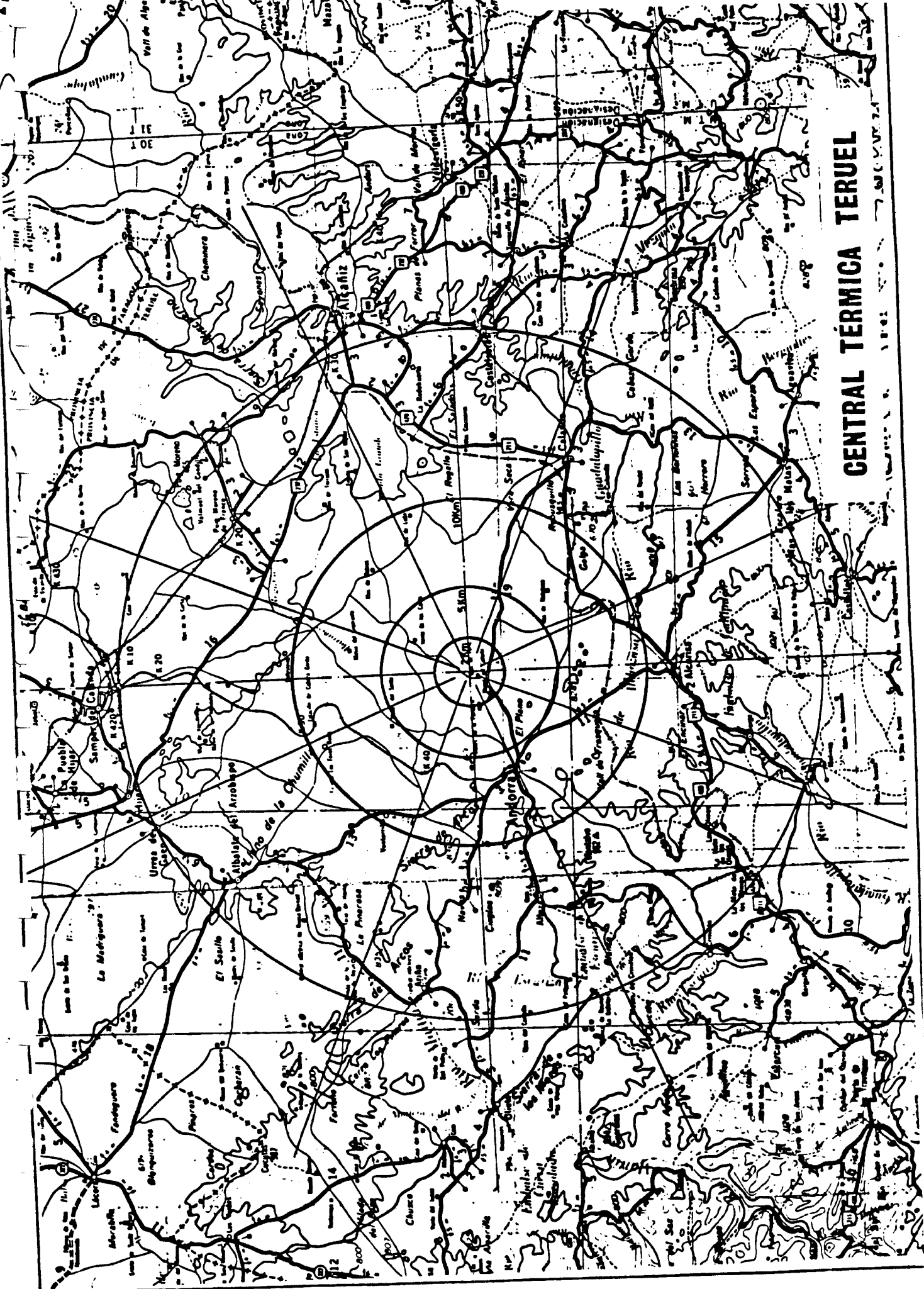
La caldera ha sido diseñada por Foster-Wheeler y fabricada en colabo

PLANO 30



EMPLAZAMIENTOS COMPARADOS.

CENTRAL TÉRMICA TERUEL



ción con la Maquinista Terrestre y Marítima. Esta proyectada para que mar estos lignitos, con las aportaciones de otros combustibles que luego se dirán. Es del tipo de circulación natural asistida de dos pasos, con una capacidad de 1.090 t/hora, de vapor sobrecalentado a 169 kg/cm^2 y $540 \text{ }^\circ\text{C}$, con un recalentamiento intermedio de 960 t/hora, a $540 \text{ }^\circ\text{C}$ y 42 kg/cm^2 . El rendimiento a plena carga es del 83,46 % sobre el poder calorífico superior.

Los estudios sobre inmisiones y dispersión de partículas condujeron a la construcción de una chimenea de 343 metros de altura de 24,39 m de diámetro exterior y espesor de paredes de 1,200 metros en la base, y de 12,180 metros de diámetro exterior y espesor de paredes 0,240 metros en la coronación, que es común para los tres grupos.

El carbón llega a la central por ferrocarril minero y en camiones, sin cronizando con ellos una cinta transportadora de 7,5 kilómetros. El parque, completamente mecanizado, tiene una capacidad de 600.000 t, y permite almacenar separado carbones de menor contenido de azufre para su consumo en situaciones atmosféricas coyunturales, que hagan presumible un incremento de los niveles de inmisión.

El carbón que llega por ferrocarril procede de explotaciones de la empresa y de los envíos de hulla importada por el puerto de Tarragona, y en el segundo caso, de minas privadas de la provincia de Teruel o de la zona de Villablino (León).

4.1.2 Cuenca carbonífera

El criadero, propiedad de ENSIDESA, está formado por tres campos de explotación diferentes:

- a) Zona de la Val de Ariño
- b) Zona del Tremedal
- c) Zona de Rosacinta.

a) Zona de la Val de Ariño. Está formada por una corrida de carbón

de dirección Este-Oeste, que se extiende prácticamente entre los pueblos de Andorra y Ariño, y que en su total longitud, de unos 19 kilómetros, está cruzada por algunas esterilizaciones de tipo lateral. Esta corrida es la rama Norte de un sinclinal de inclinación media ($35^{\circ} - 45^{\circ}$), que en su fondo está plegado violentamente, por lo que se supone que su rama Sur es estéril o muy adelgazada.

Dentro de esta zona se encuentran las explotaciones de ENDESA, de la Innominada y La Oportuna, y la explotación a cielo abierto situada entre ellas de Alloza, que beneficia una zona, conocida de antiguo, de unas pizarras carbonosas que en la región se conocían con el nombre de pizarros.

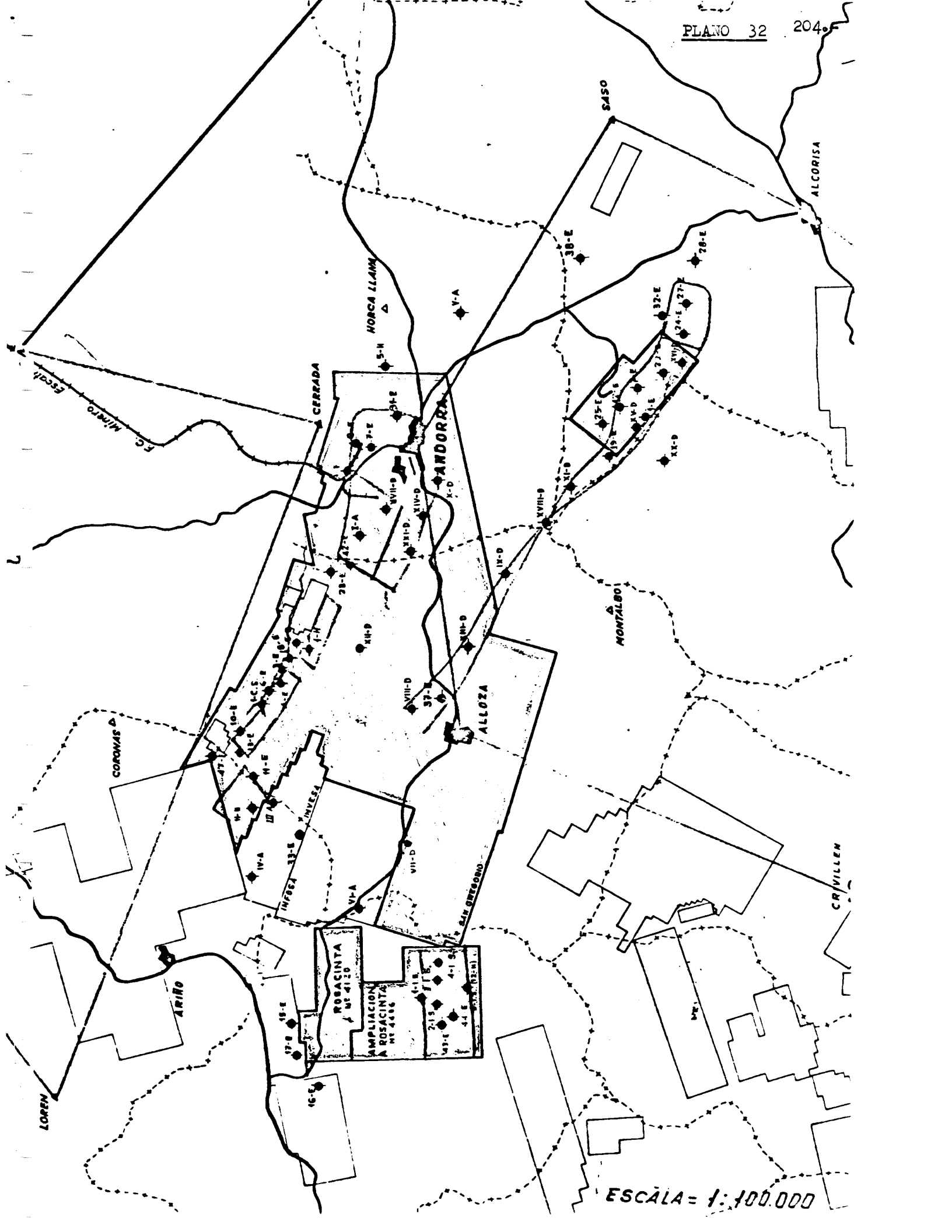
Más al Oeste se encuentran las explotaciones que en su día fueron de SAMCA y que ahora son explotadas por otro propietario.

- b) Zona del Tremedal. Situada al Sur de la Val de Ariño, formada por una faja de carbón paralela a la anterior y cuya longitud es de 13 kilómetros. La mejor calidad de estos carbones se encuentran en la zona Este. La formación es la rama Norte de otro sinclinal paralelo al anterior pero algo más pendiente ($45^{\circ} - 60^{\circ}$).
- c) Zona de Rosacinta. Situada al Oeste de la Val de Ariño, pero con menor cantidad de carbón y peor calidad.

A lo largo de los años 1947 - 1961 se han venido reconociendo sistemáticamente estas zonas por medio de sondeos (Plano 32).

En la zona de la Val de Ariño se dieron hasta 31 sondeos que pusieron de manifiesto potencias de carbón hasta de 11,30 metros, pero con grandes variaciones tanto en profundidad como lateralmente, que sugieren la presencia de grandes lentejones de carbones limpios pero muy altos de azufre, que oscilan entre 5,22 % y 11,13 %.

En la zona de Tremedal se dieron hasta 16 sondeos, que también dieron resultados variables, con potencias de carbón hasta 7 metros, y con contenido de azufre que oscilaban entre 3,49 % y 11,64 %.



ESCALA = 1:100.000

En la zona de Rosacinta se dieron 13 sondeos, de ellos muchos fallidos, y los restantes con potencias hasta 3,20 metros. La proporción de azufre oscilaba entre 3,66 % y 13,69 %.

Por no hacer demasiado prolija esta exposición, se resumen las cubi-
caciones hechas por la nueva empresa (Plano 33).

Reservas de carbón bruto en 10³ toneladas

Cenizas

| | < 25 % | 25-35 % | > 35 % | TOTAL |
|--------------------------|--------|---------|--------|---------|
| 1 - Innominada | 12.768 | - | - | 12.768 |
| 2 - La Oportuna | 20.613 | - | - | 20.613 |
| 5 - Tremedal | 21.000 | 14.700 | 2.100 | 37.800 |
| 3 - Andorrana | - | 13.440 | 13.440 | 26.880 |
| - Oportuna-Innominada. | - | - | 1.470 | 1.470 |
| 4 - Rosacinta | - | - | 4.158 | 4.158 |
| | 54.381 | 28.140 | 21.168 | 103.689 |
| La Oportuna (increment.) | 7.500 | - | - | 7.500 |
| Sumas | 61.881 | 28.140 | 21.168 | 111.189 |

Como complemento de estas reservas propias es lógico pensar en aque-
llas de las explotaciones mineras colindantes, cuyas reservas son:

| | |
|----------------------|-------------------------|
| | <u>10³ t</u> |
| 6 - SAMCA | 34.500 |
| 7 - Gargallo | 45.000 |
| 8 - Castellote | 25.000 |
| Suma | <u>104.500</u> |

4.1.3 Combustibles de diseño

La caldera está preparada para dar su potencia total quemando sólo lignito de la composición que más adelante se indica, pero puede quemar fueloil hasta un 30 % de su carga nominal en los períodos de encendido, arranque, estabilización de llama y carga por debajo del mínimo técnico admitido para el trabajo quemando sólo lignito, o cuando la producción de la cuenca minera sea insuficiente y también en previsión de que ciertas circunstancias atmosféricas sean desfavorables para la dispersión de contaminantes.

También y para estas mismas condiciones o circunstancias se puede quemar gas natural hasta un 25 % de la carga nominal, e incluso llegar a una combinación de gas y fuel del 27,5 %, pero esto por poco tiempo y sólo en el período de transición de gas a fuel.

El lignito de diseño responde a las siguientes características:

Análisis inmediato:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Humedad | 24,- | - |
| Carbono fijo | 29,- | 38,5 |
| Volátiles | 27,- | 35,5 |
| Cenizas | 20,- | 26,- |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 3.600 | - |
| Poder calorífico inferior kcal/kg | 3.915 | 5.380 |

Análisis elemental:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 38,5 | 51,- |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,7 | 3,5 |
| Oxígeno (O ₂) | 9,5 | 12,5 |
| Nitrógeno (N ₂) | | |
| Azufre (S) | 5,3 | 7,- |
| Cenizas | 20,- | 26,- |
| Humedad | 24,- | - |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa, con un contenido de azufre del 3,6 ‰.

El gasoleo es el tipo "C" de Campsa con un máximo del 0,9 ‰ de azufre.

El análisis elemental del gas natural es:

| <u>Componentes</u> | <u>‰ Volumétrico</u> |
|-----------------------------------|-------------------------|
| N ₂ | 0,2 - 1,4 |
| C ₁ | 85,65-96,6 |
| C ₂ | 3,2 - 8,5 |
| C ₃ | 0 - 3 |
| 2 C ₄ | 0 - 0,52 |
| 4 C ₄ | 0 - 0,7 |
| C ₅ y superiores | 0 - 0,23 |
| S H ₂ máximo | 0,5 p.p.m. |
| Azufre total máximo | 30 mg/m ³ N |
| Azufre mercaptanos | 2,3 mg/m ³ N |
| P.C.I. | 9.140 kcal/kg |

4.1.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 45 y 46 se ve la evolución de los carbones adquiridos y consumidos. En los primeros se aprecia en los últimos años un fuerte descenso de la participación de hullas de importación y un incremento creciente del abastecimiento con lignito y hullas nacionales.- Los consumidos siguen las mismas tendencias.

En el Cuadro 47 se recogen los consumos de combustibles líquidos que el último año se redujo al de gasoleo.

CUADRO 45

CENTRAL TERUICA: T E R U E L Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Lignito Negro Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | 18,50 | 18,70 | 17,40 | 17,40 | 18,40 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | 43,30 | 42,30 | 46,50 | 44,90 | 41,30 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | 27,90 | 28,50 | 26,90 | 27,00 | 28,20 |
| P.C.S. | - | - | - | 3.124 | 3.139 | 2.891 | 2.984 | 3.116 |
| Cantidad | - | - | - | 1.169.605 | 1.856.451 | 3.922.678 | 3.933.777 | 4.276.080 |
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | 10,10 | 8,20 | 9,30 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | 14,60 | 17,20 | 16,70 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | 27,50 | 12,80 | 13,20 |
| P.C.S. | - | - | - | - | - | 6.428 | 6.547 | 6.423 |
| Cantidad | - | - | - | - | - | 158.677 | 317.500 | 410.110 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | - | 9,20 | 9,10 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 31,30 | 19,30 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 11,70 | 11,80 |
| P.C.S. | - | - | - | - | - | - | 4.914 | 6.154 |
| Cantidad | - | - | - | - | - | - | 162.117 | 71.162 |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | 6,70 | 8,10 | 7,70 | 8,40 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | 14,40 | 14,90 | 14,60 | 14,90 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | 29,20 | 31,00 | 29,50 | 27,30 |
| P.C.S. | - | - | - | - | 6.458 | 6.389 | 6.476 | 6.240 |
| Cantidad | - | - | - | - | 746.011 | 1.648.428 | 957.876 | 395.496 |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 46

CENTRAL TERMICA: TERUEL

Carbón Consumido

| AÑOS | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>Lignito Negro Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | 16,50 | 17,30 | 18,80 | 17,70 | 18,20 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | 43,70 | 43,30 | 49,10 | 43,10 | 42,20 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | 27,60 | 28,00 | 25,40 | 26,70 | 26,80 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | 3.203 | 3.025 | 2.790 | 3.045 | 3.066 |
| Cantidad t | - | - | - | 481.118 | 3.161.927 | 3.374.425 | 4.028.772 | 4.173.116 |
| <u>Hulla Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | 10,40 | 7,30 | 9,30 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | 14,40 | 17,00 | 20,10 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | 27,00 | 14,10 | 12,50 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | 6.492 | 6.623 | 6.094 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | 151.914 | 121.439 | 436.204 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | - | 9,20 | - (1) |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 32,80 | - |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 10,80 | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | 4.694 | - |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | 60.414 | - |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | 6,70 | 7,80 | 7,90 | 8,20 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | 14,40 | 14,60 | 15,30 | 14,70 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | 29,30 | 31,10 | 29,60 | 28,60 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | 6.452 | 6.405 | 6.455 | 6.358 |
| Cantidad t | - | - | - | - | 717.456 | 1.336.846 | 1.011.029 | 658.333 |

Fuente: O F I C O.
 (1) Consumida en mezcla con la hulla.

C U A D R O 47

CENTRAL TERMICA: T E R U E L Combustibles liquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | - | - |
| 1975 | - | - |
| 1976 | - | - |
| 1977 | - | - |
| 1978 | - | - |
| 1979 | 29.649 | 6.500 |
| 1980 | 15.591 | 20.953 |
| 1981 | 6.463 | 6.730 |
| 1982 | - | 4.992 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

La evolución del consumo de gas natural según información de la misma empresa ha sido la siguiente:

| <u>Año</u> | <u>10⁶ m³ N</u> |
|------------|---------------------------------------|
| 1980 | 3,1783 |
| 1981 | 90,9670 |
| 1982 | 21,6909 |

4.1.5 Nivel de emisiones

Dadas las especiales circunstancias de esta central, los niveles de emisión son de 350 mg/m³N para las partículas y de 12.500 mg/m³ N de SO₂, ampliable en algunas circunstancias a 15.000 mg/m³N.

En el Proyecto se supone que a plena marcha la caldera consume - 215 t/hora de lignito diseño, que engendrarán 2.178.000 m³/hora a temperatura de chimenea, equivalentes a 1.284.000 m³ N/hora.

Se supone que al separador electrostático sólo llega el 80 % de las cenizas y escorias, y que el lignito tipo se ha tomado con el 20 % de cenizas. Por otro lado, el rendimiento del separador es del 99,75 %, por tanto la concentración de partículas en los humos será:

$$215 \cdot 10^9 \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 0,0025 / 1.284.000 = 66,978 \text{ mg/m}^3 \text{ N de partículas.}$$

En cuanto a las emisiones de SO₂ para el carbón que tiene el 5,3% de azufre y del que se supone que un 35 % no pasa a los humos será:

$$215 \cdot 10^9 \cdot 0,053 \cdot 0,65 \cdot 2 / 1.284.000 = 11.537 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N.}$$

Las emisiones así consignadas corresponden a hipótesis de proyecto, pero las obtenidas de acuerdo con la marcha de esta central a lo largo de 1982 se estudian a continuación.

4.1.5.1 Humos

Como son varias las clases de carbones utilizados y también gas natural se estudian sus combustiones respectivas.

a) Combustión del lignito

Como los datos del parte de efluentes gaseosos no coinciden con los del lignito de diseño, se hace un reajuste previo.

| | Lignito de diseño <u>Memoria 1977</u> | Lignito empleado <u>Dato elaborado</u> |
|-----------------------------------|--|---|
| Carbono (C) | 51,0) | 39,22) |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,5) | 2,69) |
| Oxígeno (O ₂) | 12,5) | (1) { 7,21 } 9,61) |
| Nitrógeno (N ₂) | 7,0) | (1) { 2,40 } 5,38) |
| Azufre (S) | 26,0) | 43,10) |
| Cenizas | - | 17,70) |
| Humedad | - | - |

(1) El reparto O₂ y N₂ ha sido estimado.

CO₂ en humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,3922 = 1,438 \text{ kg CO}_2/\text{kg lignito seco}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,3922 = 0,732 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg lignito seco}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0538 = 0,108 \text{ kg SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,538 = 0,037 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} O_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,3922 \cdot \frac{32}{32} \cdot 0,0538 \cdot \frac{16}{2} \cdot 0,0269 - 0,0721 \right) = \\ &= 1,243 \text{ kg } O_2 / \text{kg lignito seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire del 25 %

$$P_{O_2} = 1,243 \cdot 0,25 = 0,311 \text{ kg } O_2 / \text{kg lignito seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,311 = 0,217 \text{ m}^3 / \text{kg lignito seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible} = \frac{17,7}{82,3} = 0,215 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg lignito seco.}$$

Agua producida por la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0269 = 0,242 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg lignito seco.}$$

$$P_{H_2O} = 0,2151 + 0,242 = 0,457 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg lignito seco.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,457 = 0,569 \text{ m}^3 / \text{kg lignito seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,024 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,243 = 5,226 \text{ kg N}_2 / \text{kg lignito seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 5,226 = 4,181 \text{ m}^3 \text{ N}_2 / \text{kg lignito seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | kg/kg lignito seco | % | m ³ /kg lignito seco | % |
|------------------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,438 | 19,07 | 0,732 | 12,76 |
| SO ₂ | 0,108 | 1,43 | 0,037 | 0,65 |
| H ₂ O | 0,457 | 6,06 | 0,569 | 9,92 |
| O ₂ | 0,311 | 4,13 | 0,217 | 3,78 |
| N ₂ | 5,226 | 69,31 | 4,181 | 72,89 |
| Totales | 7,540 | - | 5,736 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{7,540}{5,736} = 1,314 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

b) Combustión del carbón nacional

El carbón nacional consumido, según datos de OFICO, es una mezcla de hullas bajas de volátiles (14,1 %) y antracitas altas de volátiles (10,80 %) cuya mezcla ponderada es del 13 %. La central térmica que quema un carbón más parecido en volátiles es la de la Robla y, por tanto, la composición elemental del carbón nacional quemado la basamos en la de esa Central.

| | Carbón central La Robla | Mezcla empleada Dato elaborado |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Carbono (C) | 62,9) | 67,74) |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,9) | 3,12) |
| Oxígeno (O ₂) | 3,2) | 3,45) |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,3) | 1,40) |
| Azufre (S) | 1,9) | 2,05) |
| Cenizas | 27,8) | 22,24) |
| Humedad | - | 7,93 |

$\sum = 100$ $\sum = 100$

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6174 = 2,267 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,6174 = 1,152 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0205 = 0,041 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0205 = 0,0144 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta } & \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6174 + \frac{32}{32} \cdot 0,0205 + \frac{16}{2} \cdot 0,0312 - 0,0345 \right) = \\ & = 1,882 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire del 25 %.

$$P_{\text{O}_2} = 1,882 \cdot 0,25 = 0,471 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,471 = 0,329 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible } \frac{7,93}{92,07} = 0,086 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

Agua aportada por la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0312 = 0,281 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,086 + 0,281 = 0,367 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,367 = 0,456 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,014 + 0,77 \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,882 = 7,890 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 7,890 = 6,312 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

La composición elemental de humos resultante es:

| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,264 | 20,52 | 1,152 | 13,94 |
| SO ₂ | 0,041 | 0,37 | 0,014 | 0,17 |
| H ₂ O | 0,367 | 3,33 | 0,456 | 5,52 |
| O ₂ | 0,471 | 4,27 | 0,329 | 3,98 |
| N ₂ | 7,890 | 71,51 | 6,312 | 76,39 |
| Totales | 11,033 | - | 8,263 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{11,033}{8,263} = 1,335 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

c) Combustión de la hulla de importación

El carbón de importación, según los mismos datos, es una hulla del 29,6 % de volátiles y la central que quema un carbón más semejante a éste es la de Lada, la cual se toma como referencia en la forma siguiente:

| | Carbón central Lada | | Carbón importado Dato elaborado | |
|-----------------------------------|------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| Carbono (C) | 43,3 | } = 100 | 63,67 | } = 100 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,5 | | 5,15 | |
| Oxígeno (O ₂) | 8,7 | | 12,79 | |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,9 | | 1,32 | |
| Azufre (S) | 1,2 | | 1,77 | |
| Cenizas | 42,4 | | 15,30 | |
| Humedad | - | | 7,90 | |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,6367 = 2,334 \text{ kg CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,6367 = 1,189 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0177 = 0,035 \text{ kg SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0177 = 0,012 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg carbón seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,6367 + \frac{32}{32} \cdot 0,0177 + \frac{16}{2} \cdot 0,0515 - 0,1279 \right) = \\ &= 2,000 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire del 25 %.

$$P_{\text{O}_2} = 2 \cdot 0,25 = 0,500 \text{ kg O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,500 = 0,350 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg carbón seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{7,90}{92,10} = 0,086 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

Agua aportada por la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,515 = 0,464 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,086 + 0,464 = 0,550 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,550 = 0,684 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg carbón seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,0132 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 2,000 = 8,383 \text{ kg N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 8,383 = 6,706 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg carbón seco.}$$

La composición elemental de humos será:

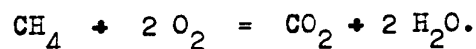
| Componente | kg/kg carbón seco | % | m ³ /kg carbón seco | % |
|------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------|
| CO ₂ | 2,334 | 19,78 | 1,189 | 13,30 |
| SO ₂ | 0,035 | 0,30 | 0,012 | 0,13 |
| H ₂ O | 0,550 | 4,66 | 0,684 | 2,65 |
| O ₂ | 0,500 | 4,23 | 0,350 | 3,91 |
| N ₂ | 8,383 | 71,03 | 6,706 | 75,01 |
| Totales | 11,802 | - | 8,941 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{11,802}{8,941} = 1,320 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

d) Combustión del gas natural

Como la combustión del gas de diseño es fórmula sólo aproximada, se supondrá que se trata de CH₄ puro.

En este caso la reacción estequiométrica es:



CO₂ en humos:

$$V_{\text{CO}_2} = 1,000 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{22,4} \cdot 1,000 = 1,964 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

H₂O en humos:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 1,000 \cdot 2 = 2,000 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{18}{22,4} \cdot 2 = 1,607 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta} = 1,000 \times 2 = 2,000 \text{ m}^3 O_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

Exceso de aire 10 %.

$$V_{O_2} = 2,000 \cdot 0,1 = 0,200 \text{ V } O_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

$$P_{O_2} = \frac{32}{22,4} \cdot 0,2 = 0,286 \text{ kg } O_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,77 \cdot \frac{1,10}{0,23} \cdot 2,000 = 7,365 \text{ kg } N_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 7,365 = 5,892 \text{ m}^3 N_2/\text{m}^3 \text{ gas natural.}$$

La composición de humos será la siguiente:

| Componente | kg/m ³ gas natural | m ³ /m ³ gas natural |
|------------------|-------------------------------|--|
| CO ₂ | 1,964 | 1,000 |
| H ₂ O | 1,607 | 2,000 |
| N ₂ | 7,365 | 5,892 |
| Totales | 10,936 | 8,892 |

$$\text{Densidad de humos: } \frac{10,936}{8,892} = 1,230 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

4.1.5.2 Partículas

Para el estudio de combustión se ha considerado la mezcla ponderada de las antracitas y hullas nacionales. En la práctica puede que esto no sea así, pero como se trata de conseguir el valor de las emisiones medias producidas a lo largo del año, se puede considerar correcto este planteamiento.

Se ha supuesto el mismo reparto entre escorias y cenizas volantes que para otras centrales y que esto sea igual en las tres calderas.

El precipitador electrostático es independiente para cada caldera, y son del tipo horizontal de la firma Rothemülle, con un rendimiento del 99,75 por ciento.

En el Cuadro 48 se recogen los datos sobre emisión de partículas correspondientes al año 1982.

Como los cuatro Grupos utilizan la misma chimenea los estudios posteriores sobre efectos de la inmisión se pueden hacer a base de considerar aditivos los gases y partículas generados por los diferentes tipos de combustibles.

De acuerdo con esto el nivel de emisión de partículas será:

$$102 \cdot 10^3 / 919,3 = 111 \text{ mg/m}^3 \text{ N de partículas.}$$

Cifra superior a la que se indicaba en el proyecto, pero muy inferior a la autorizada.

4.1.5.3 Gases sulfurosos

Como los contenidos de azufre de cada uno de los combustibles empleados es diferente, es preciso contabilizar por separado sus emisiones de SO₂, lo que queda recogido en el siguiente cuadro:

| | | Lignito negro | Carbones nacionales | Hullas de importación | Gasoleo | TOTAL |
|-------------------------|---|---------------|---------------------|-----------------------|---------|---------|
| Consumo sobre seco | t | 3.315.702 | 167.530 | 931.131 | 21.691 | - |
| Azufre sobre seco | % | 5,38 | 2,05 | 1,77 | 0,9 | - |
| Azufre total | t | 178.385 | 3.443 | 16.481 | 195 | 198.504 |
| SO ₂ lanzado | t | | | | | 397.008 |

El nivel de emisiones será, pues:

CUADRO 48
CENTRAL TERMICA TERUEL
DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO I | | | | GRUPO II | | GRUPO III | | SUMA |
|--|---------------|----------------|-----------------|-------------|----------|------------|-----------|--|---------|
| | 350 | | | | 350 | | 350 | | |
| POTENCIA | MWe | | | | | | | | 1.050 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | Lignito negro | Hulla nacional | Hulla importada | Gas natural | Gasoleo | SUMA | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 4.028,800 | 181,900 | 1.011,000 | 21,6909 | 4,992 | | | | |
| Humedad (1) | 17,70 | 7,90 | 7,90 | - | - | | | | |
| Consumo anual sobre seco | 3.315,702 | 167,530 | 931,131 | - | - | | | | |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 43,10 | 22,25 | 15,30 | - | - | | | | |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 1.429,068 | 37,274 | 142,463 | - | - | 1.608,805 | | | |
| 15 % Escorias | 214,360 | 5,592 | 21,370 | - | - | 241,321 | | | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 71,454 | 1,864 | 7,123 | - | - | 80,441 | | | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 1.143,254 | 29,819 | 113,970 | - | - | 1.287,043 | | | |
| Rendimiento del precipitador electrostático | - | - | - | - | - | 99,75 | | | |
| Particulas que salen por la chimenea | - | - | - | - | - | 3.217,608 | | | |
| Emisión de particulas (3) | | | | | | | | | 102,0 |
| Gases de combustión (4) | 5,736 | 8,263 | 8,942 | 8,892 | 12,921 | | | | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 19.018,867 | 1.384,300 | 8.325,242 | 192,875 | 64,502 | 28.985,786 | | | |
| Caudal de humos (3) | | | | | | | | | 919,133 |
| Nº de chimeneas | | | | | 1 | | | | |
| Altura de la chimenea | | | | | 343 | | | | |

(1) Datos OFIC ajustados con distribución de ENDESA, datos del I.N. de Hidrocarburos.
(3) 1 año: $32.536 \cdot 10^3$ segundos.

$$397.008 \cdot 10^9 / 28.985,786 \cdot 10^6 = 13.697 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

por encima de los límites admitidos como normales, pero inferior al de casos de emergencia.

Sin embargo, si se da por bueno el supuesto de que el 0,35 % del azufre queda retenido en las escorias y cenizas el caudal de emisión será:

$$13.697 \cdot 0,65 = 8.903 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

que sí cumpliría las condiciones.

4.1.6 Nivel de inmisiones

En todos los estudios de esta central y en su evolución posterior cuando ya entró en servicio, se ha venido dedicando atención preferente a este tema.

La altura de la chimenea se eligió para disminuir estas inmisiones al mínimo, conscientes de que la calidad de los carbones propios hacía muy difícil disminuir las emisiones.

Esta es una de las razones por la que completa su abastecimiento de combustible, con carbones de otras procedencias de mayor poder calorífico y menor contenido de azufre.

Se intensifica la vigilancia mediante una red de 18 estaciones captadoras de muestras, distribuidas en los alrededores de la central dentro de un radio de unos 20 kms. (Planos 34 y 35), que disponen de cuatro analizadores continuos de SO₂ (Estaciones 3, 11, 14 y 18), con transmisión por radio a la central.

Los parámetros que se controlan son el SO₂, partículas en suspensión, materias sedimentables y acidez de agua de lluvia.

Esta red ha sido recientemente ampliada con una red provisional con lecturas hasta 55 km de la central (Plano 36).

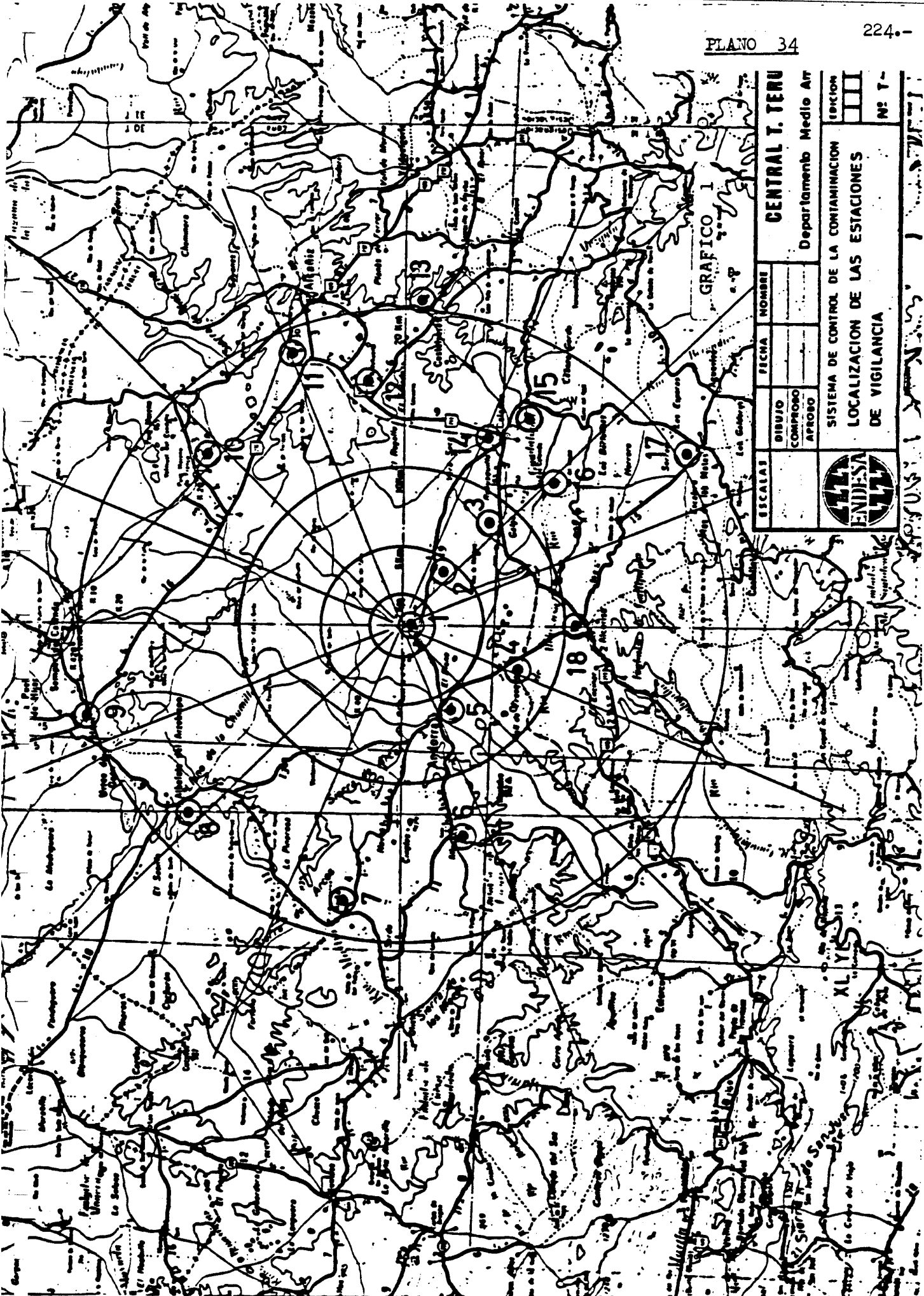


GRAFICO 1

| | | | | | |
|----------------|--|--|--|---------------|--|
| BECALAI | | FICHA | | NOMBRE | |
| DIBUJO | | COMPROBADO | | APROBADO | |
| | | CENTRAL T. TERU Departamento Medio Air | | | |
| | | | | | |
| | | | | EDICION | |
| | | | | III | |
| | | | | Nº T - | |

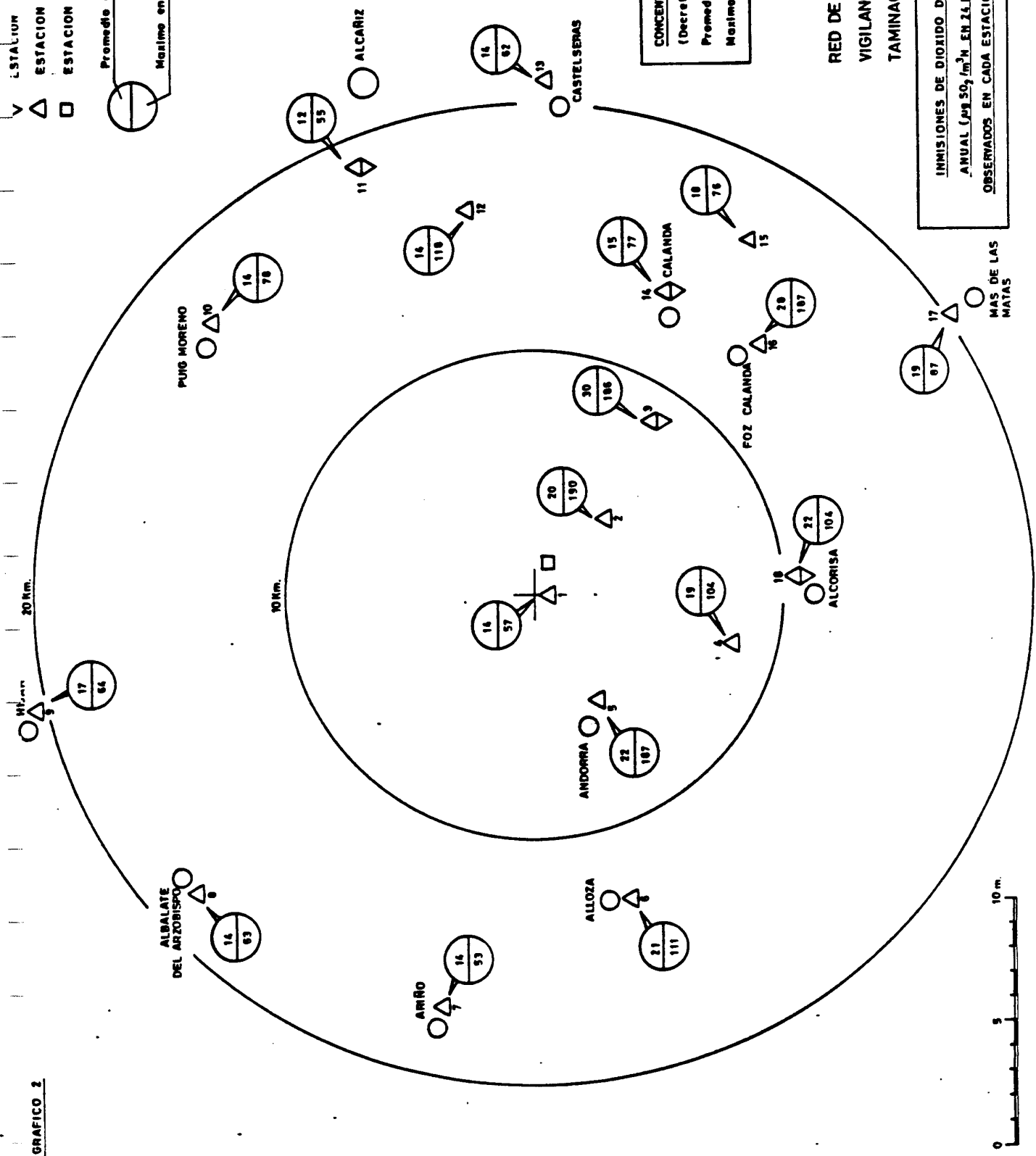
- ESTACION AUTOMÁTICA
- ESTACION DE VIGILANCIA.
- ESTACION METEOROLOGICA.

Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas)
 Maximo en 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CONCENTRACIONES ADMISIBLES
 (Decreto 835/1975).
 Promedio anual: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 Maximo en 24 horas: $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$

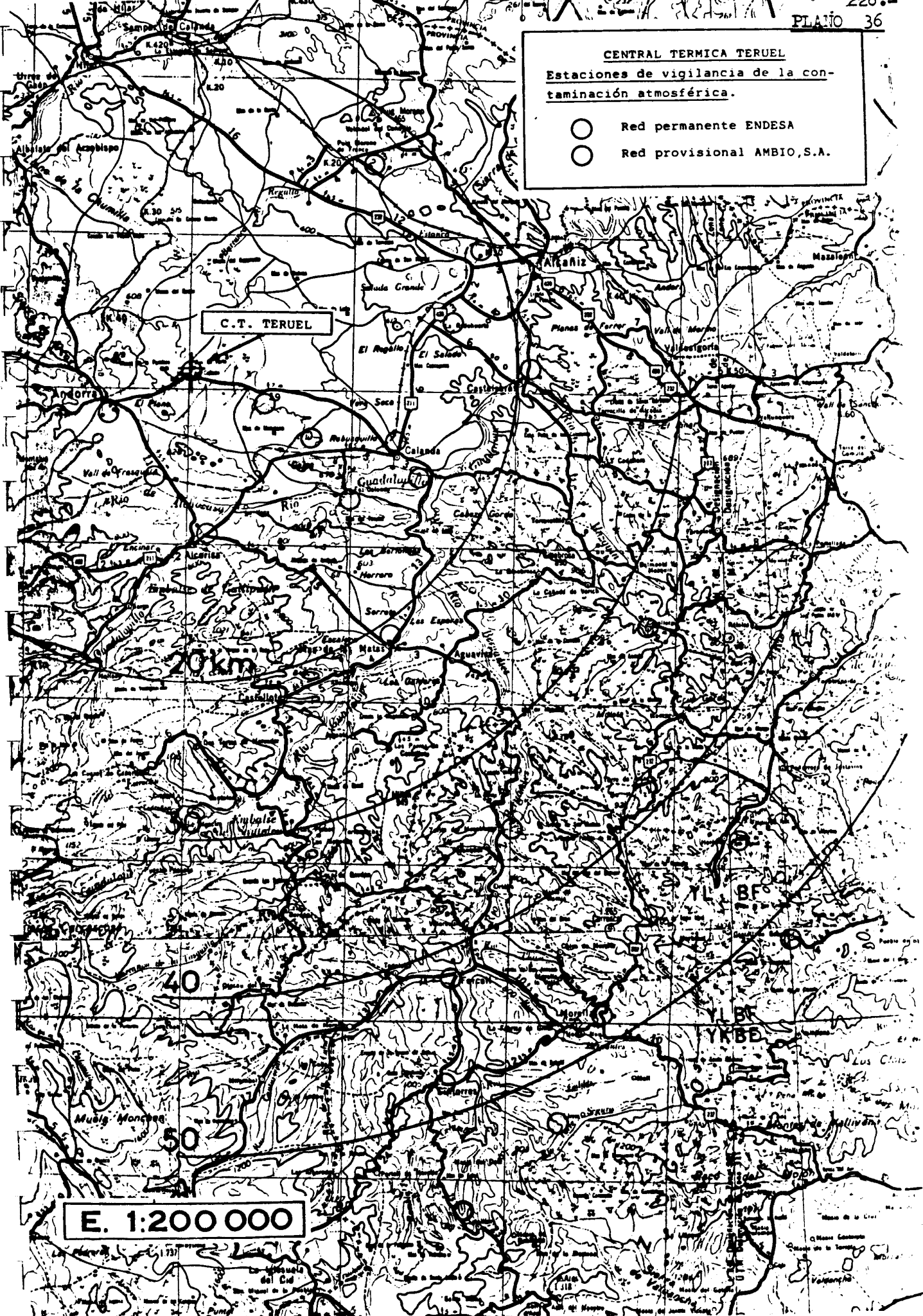
RED DE ESTACIONES DE VIGILANCIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.

INMISIONES DE DIOXIDO DE AZUFRE: VALORES PROMEDIO ANUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ EN 24 HORAS) Y MAXIMOS OBSERVADOS EN CADA ESTACION EN EL AÑO 1983



CENTRAL TERMICA TERUEL
Estaciones de vigilancia de la contaminación atmosférica.

- Red permanente ENDESA
- Red provisional AMBIO, S.A.



E. 1:200 000

20km

4.2 S E R C H S

4.2.1 Descripción

La central térmica de Serchs es propiedad de Fuerzas Eléctricas de Cataluña (FECSA) y Carbones de Berga, S.A. y tiene instalado un Grupo de 160 MW.

Se encuentra emplazada en la margen izquierda del río Llobregat y muy cerca de las minas de carbón de Figols, que es su principal abastecedor de lignito negro (Planos 37 y 38).

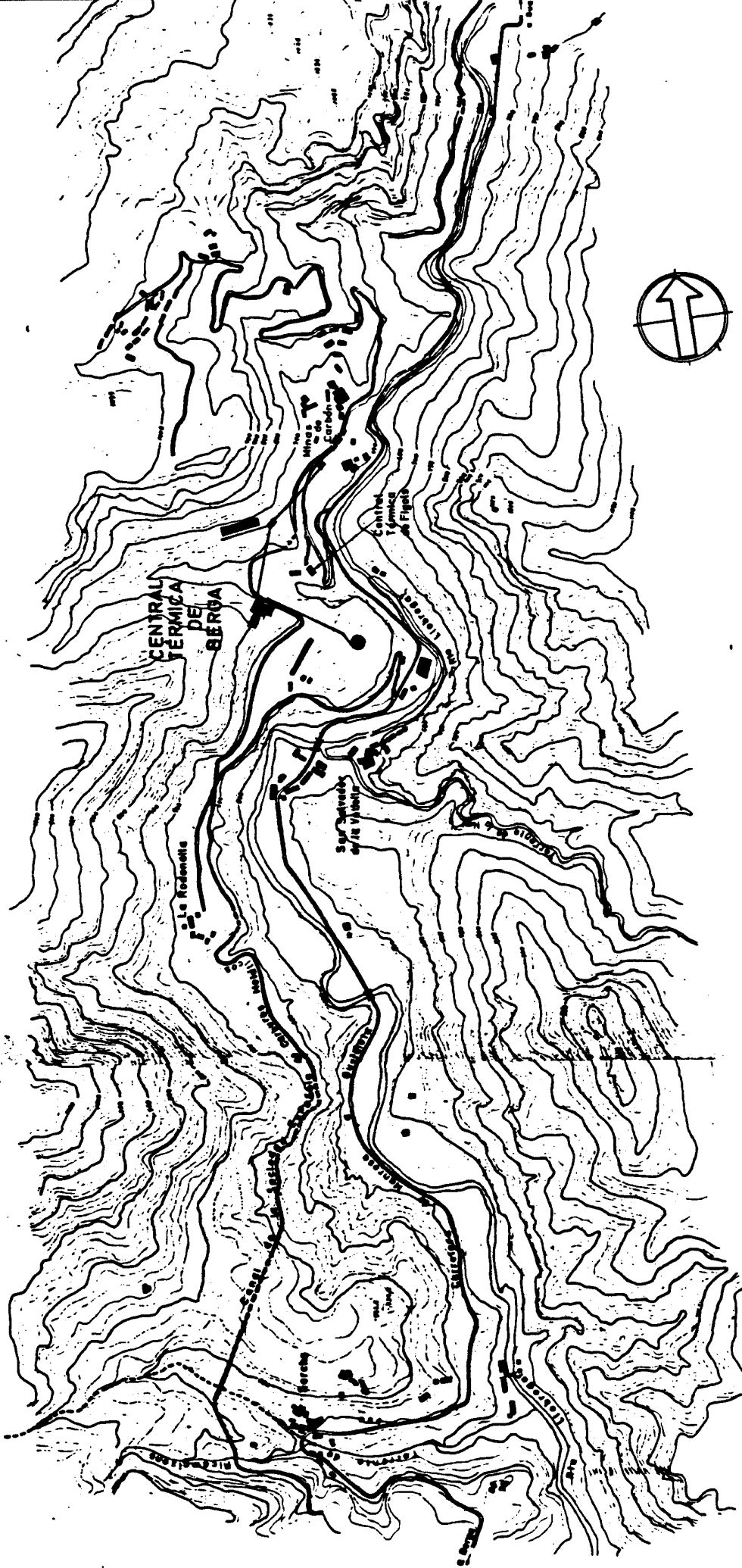
El turboalternador está compuesto de una turbina con vapor de admisión a 525 °C, y 180 at. ef., acoplada directamente a un alternador de 200 MVA de potencia aparente, con factor de potencia 0,8 y potencia efectiva de 160 MW.

El agua de refrigeración del condensador se toma del canal industrial que viene paralelo al río, y como no hay caudal bastante, existe una torre de refrigeración de tiro natural en un lugar elevado próximo a la central.

La caldera, diseñada para quemar carbón de la zona minera próxima, es del tipo BENSON, con una capacidad máxima permanente de 520 t/hora de vapor a 530 °C, y 190 at. ef., a la salida del recalentador, con un recalentamiento intermedio de 460 t/hora, a 60 at. abs. y 530 °C.

Para la evacuación de humos existe una chimenea de 120 metros, de 4,60 metros de diámetro interior, cuya base queda a 220 m por encima del fondo del valle por donde discurre el río, facilitando así la difusión de los humos.

El carbón procedente de la mina llega a la central por un sistema de cintas transportadoras, que pueden conducirlo a las tolvas de calderas o al parque de almacenamiento, ubicado en el contiguo valle de La Garganta. Todo está previsto para la alimentación de dos Grupos de 160 MW.



En los cálculos de abastecimiento de combustible y habilitación de escombreras se ha partido de un consumo específico de 0,600 kg de carbón bruto por kwh generado, es decir, un consumo de 96 t/hora.

4.2.2 Combustibles de diseño

En esta central vienen quemándose carbones procedentes de las minas de Figols y Vallcebre, cuyas características son las siguientes:

| A - Grupo minero de Figols | <u>%</u> Ponderal |
|---|-------------------|
| Agua (de entrada) | 2,47 - 2,89 |
| Carbón fijo | 26,59 - 30,78 |
| Cenizas | 44,46 - 34,55 |
| Agua | 1,06 - 1,14 |
| Volátiles | 27,89 - 33,53 |
| Azufre | 5,49 - 6,07 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 3.880 - 4.841 |

} $\Sigma = 100$

| B - Grupo minero de Vallcebre | <u>%</u> Ponderal |
|---|-------------------|
| Agua (de entrada) | 5,30 |
| Carbón fijo | 33,10 |
| Cenizas | 36,70 |
| Agua | 0,75 |
| Volátiles | 29,45 |
| Azufre | 4,60 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 4.404 |

} $\Sigma = 100$

Una media ponderada de lo que se recibe se obtiene, da la siguiente característica media:

| | |
|---|-------|
| Agua (de entrada) | 3,38 |
| Carbón fijo | 29,86 |
| Cenizas | 38,77 |
| Agua | 1,01 |
| Volátiles | 30,36 |
| Azufre | 5,47 |
| Poder calorífico superior kcal/kg | 4.375 |

} $\Sigma = 100$

Aunque en el Proyecto no se de la composición elemental sobre seco, se puede calcular a través de combustibles similares, que será la siguiente:

| | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 39,55 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,50 |
| Oxígeno (O ₂) | 10,95 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,57 |
| Azufre (S) | 5,66 |
| Cenizas | 38,77 |

El fuel quemado es el pesado nº 2 de Campsa con un contenido de azufre de 2,6 %.

4.2.3 Combustibles consumidos

En los Cuadros 49 y 50 se ve la evolución de consumos de carbones en alza creciente, que en un tiempo hubo que reforzar con hullas importadas, hoy día sustituidas por antracitas nacionales de escasa representación.

En el Cuadro 51 aparece la evolución en los consumos de combustibles líquidos, empleado sólo para estabilización de cargas y arranques.

4.2.4 Nivel de emisiones

Las limitaciones impuestas a esta central son de 500 mg/m³ N de partículas y de 9.000 mg/m³ N de SO₂ en los gases expulsados a la atmósfera.

Por ser muy antigua (1975) la entrada en servicio de este Grupo, no se entra en detalle sobre las previsiones de Proyecto, y sí se desarrolla el cálculo de emisiones de acuerdo con las condiciones del año 1982.

CUADRO 42

CENTRAL TERMICA: S E R C H S

Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Lignito Negro Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 9,42 | 8,35 | 9,20 | 7,40 | 8,10 | 8,80 | 8,90 | 9,20 |
| Cenizas s.m.s. % | 44,21 | 45,09 | 41,96 | 43,50 | 47,40 | 44,10 | 42,50 | 43,40 |
| Volátiles s.m.s. % | 32,07 | 28,90 | 34,05 | 32,90 | 28,40 | 31,20 | 34,00 | 33,00 |
| P.C.S. kcal/kg | 3.324 | 3.183 | 3.471 | 3.442 | 3.048 | 3.230 | 3.347 | 3.326 |
| Cantidad t | 484.879 | 468.252 | 656.760 | 626.772 | 520.409 | 718.855 | 596.847 | 832.940 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 12,27 | 8,56 | 9,00 | 9,80 | 10,10 | 10,30 | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | 20,98 | 24,23 | 22,90 | 24,80 | 28,00 | 31,80 | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | 9,23 | 7,31 | 4,80 | 3,50 | 4,30 | 5,00 | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | 5.249 | 5.336 | 5.529 | 5.376 | 5.092 | 4.869 | - |
| Cantidad t | - | 534 | 5.339 | 7.250 | 8.506 | 10.812 | 5.250 | - |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 6,84 | 6,75 | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | 17,39 | 15,71 | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | 31,98 | 30,51 | - | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | 6.070 | 6.131 | - | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | 43.973 | 75.413 | 167.553 | 59.746 | 8.151 | - | - |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 50

CENTRAL TERMICA: S E R C H S

Carbon Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Lignito Negro Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 8,64 | 9,35 | 8,84 | 7,80 | 8,00 | 8,90 | 9,30 | 9,80 |
| Cenizas s.m.s. % | 47,84 | 47,15 | 43,38 | 43,80 | 48,00 | 45,50 | 42,90 | 43,90 |
| Volátiles s.m.s. % | 31,71 | 31,30 | 34,46 | 33,20 | 28,70 | 31,50 | 33,70 | 32,70 |
| P.C.S. kcal/kg | 3.256 | 3.128 | 3.456 | 3.438 | 2.976 | 3.089 | 3.276 | 3.282 |
| Cantidad t | 526.146 | 547.394 | 595.065 | 532.271 | 501.173 | 716.242 | 706.450 | 879.324 |
| <u>Antracita Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 12,27 | 8,55 | 8,90 | 9,80 | 10,10 | 10,30 | 10,30 |
| Cenizas s.m.s. % | - | 20,98 | 24,21 | 22,90 | 24,80 | 28,00 | 31,80 | 31,80 |
| Volátiles s.m.s. % | - | 9,23 | 6,98 | 4,80 | 3,50 | 4,30 | 5,00 | 5,00 |
| P.C.S. kcal/kg | - | 5.249 | 5.336 | 5.529 | 5.376 | 5.091 | 4.870 | 4.869 |
| Cantidad t | - | 534 | 5.339 | 7.250 | 8.506 | 10.812 | 850 | 4.400 |
| <u>Hulla Importada</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | 6,85 | 6,82 | 7,80 | 7,30 | 6,80 | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | 17,46 | 17,19 | 15,70 | 16,20 | 16,40 | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | 31,91 | 30,99 | 29,80 | 26,80 | 25,80 | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | 6.067 | 6.114 | 6.026 | 5.990 | 6.072 | - | - |
| Cantidad t | - | 28.673 | 47.813 | 102.233 | 110.809 | 65.308 | - | - |

Fuente: O F I C O.

Combustibles líquidos consumidos

CENTRAL TERMICA: S E R C H S

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 2.119 | - |
| 1975 | 1.744 | - |
| 1976 | 2.051 | - |
| 1977 | 1.562 | - |
| 1978 | 1.615 | - |
| 1979 | 3.819 | - |
| 1980 | 3.314 | - |
| 1981 | 3.277 | - |
| 1982 | 1.765 | - |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

4.2.4.1 Humosa) Combustible líquido

Haciendo los oportunos reajustes tendremos:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <u>Lignito de diseño</u> | <u>Lignito consumido</u> |
| Carbono (C) | 39,55 | 36,88 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,50 | 3,26 |
| Oxígeno (O ₂) | 10,95 | 10,21 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,15 | 1,47 |
| Azufre (S) | 5,66 | 5,28 |
| Cenizas | 38,77 | 42,90 |
| Humedad | - | 9,30 |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,3688 = 1,341 \text{ kg CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,3688 = 0,683 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0528 = 0,106 \text{ kg SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0528 = 0,037 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,3688 + \frac{32}{32} \cdot 0,0528 + \frac{16}{2} \cdot 0,0326 - 0,1021 \right) = \\ &= 1,195 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 1,195 \cdot 0,25 = 0,299 \text{ kg } O_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,299 = 0,209 \text{ m}^3 O_2/\text{kg lignito seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible: } \frac{9,3}{90,7} = 0,103 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

Agua producida por la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0326 = 0,293 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

$$P_{H_2O} = 0,103 + 0,293 = 0,396 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,396 = 0,493 \text{ m}^3 H_2O/\text{kg lignito seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,0147 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,195 = 5,016 \text{ kg N}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 5,016 = 4,012 \text{ m}^3 N_2/\text{kg lignito seco.}$$

El cuadro de composición de humos es el siguiente:

| Componentes | kg/kg lignito seco | % | m ³ /kg lignito seco | % |
|------------------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,341 | 18,73 | 0,683 | 12,57 |
| SO ₂ | 0,106 | 1,48 | 0,037 | 0,68 |
| H ₂ O | 0,396 | 5,53 | 0,493 | 9,07 |
| O ₂ | 0,299 | 4,18 | 0,209 | 3,85 |
| N ₂ | 5,016 | 70,08 | 4,012 | 73,83 |
| Totales | 7,158 | - | 5,434 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{7,158}{5,434} = 1,317 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

b) Combustible antracita

Por no alargar este trabajo se admite que por su origen sea comparable a una de las que se quema en León procedentes del Bierzo que es la procedencia de las que vienen a esta central.

Según esto la producción de humos será:

10,436 kg/kg antracita seca

7,752 m³/kg antracita seca

Densidad de humos = 1,349 kg/m³ N.

4.2.4.2 Partículas

La distribución de escorias y cenizas volantes es la misma que para otras centrales.

Los precipitadores electrostáticos tienen un rendimiento del 98,6 %, algo bajo para utilizarlo en carbones tan sucios.

En el Cuadro 52 se recogen los datos de emisión de partículas y volúmenes de gases emitidos.

De acuerdo con estos planteamientos, la emisión de partículas del Grupo será:

$$97,7 \cdot 10^3 / 111,319 = 877 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

lo que queda muy por encima de los 500 mg admitidos.

La única solución para este problema es poner unos precipitadores más eficientes.

4.2.4.3 Gases sulfurosos

Partiendo de los contenidos de azufre de cada uno de los combustibles

CENTRAL TERMICA DE SERCHIS

DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO I | | | | SUMA |
|--|----------------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|
| | MWe | 160 MW | Fueloil | Antracita | |
| POTENCIA | | | | | |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 706,450 | 1,765 | 0,850 | - |
| Humedad (1) | % | 9,30 | - | 10,30 | - |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | 640,750 | - | 0,762 | - |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 42,90 | - | 31,80 | - |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | 274,882 | - | 0,242 | - |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | 41,233 | - | 0,036 | - |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | 13,744 | - | 0,012 | - |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | 219,905 | - | 0,194 | 220,099 |
| Rendimiento del precipitador electrostático | % | 98,60 | - | 98,60 | 98,60 |
| Partículas que salen por la chimenea | Kg | 3.078.670 | - | 2.716 | 3.081.386 |
| Emisión de partículas (3) | gr/s | 97,6 | - | 0,1 | 97,7 |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón | 5,434 | 12,921 | 7,752 | - |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | 3.481,836 | 22,806 | 5,907 | 3.510,549 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | - | - | - | 111,319 |
| Nº de chimeneas | u | | | | 1 |
| Altura de la chimenea | m | | | | 120 |

(1) Datos de OFICO y del I.N. de Hidrocarburos.

(3) 1 año 31.536 . 10³ segundos.

empleados, dando por bueno que para el año 1962 fue sólo del 3,75 % para el lignito negro seco, 0,8 % para la antracita y del 2,6 % para el fueloil, tendremos que las emisiones de SO_2 a lo largo del año serán:

$$2 (640.750 \cdot 0,008 + 762 \cdot 0,008 + 1.765 \cdot 0,026) = 48.160 \text{ t de } \text{SO}_2$$

el nivel de emisiones será:

$$48.160 \cdot 10^9 / 31.526 \cdot 10^3 = 1.527.144 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$1.527.144 / 111,319 = 13.719 \text{ mg } \text{SO}_3/\text{m}^3 \text{ N}$$

que queda por encima de los límites admisibles, y que aunque se acepte el supuesto de que una parte del azufre queda unido a las cenizas, plantea, sin embargo, un grave problema de contaminación.

Se han hecho prueba oficiales de emisión de humos cuando la caldera trabajaba a un régimen de consumo de 2.400 t/día, con un carbón bruto del 4,2 % de azufre y un exceso de aire del 30 %.

La muestra media de las emisiones tomadas a 28 metros de altura sobre la chimenea dió el siguiente análisis:

| | |
|--|---------------------------------|
| Emisión partículas (base seca) | 4.645 mg/m^3 N |
| Emisión de SO_2 (base seca) | 7.039 mg/m^3 N. |

No hay concordancia de estos datos con los calculados.

La diferencia en la estimación de partículas debe atribuirse a que este muestreo corresponde al de la central trabajando a plena carga y a que los precipitadores electrostáticos sólo trabajaban con un rendimiento del 97 %.

En cuanto a las emisiones de gases de SO_2 , parece confirmarse que la retención de azufre en las cenizas es muy importante.

4.2.5 Inmisiones

No hay constancia de que exista una red de vigilancia.

4.3 ALCUDIA

La central térmica Alcudia II es propiedad de la Empresa Gas y Electricidad, S.A. (GESA), en la que tiene instalado un Grupo I a 37,5 MW y que desea ampliar con dos nuevas unidades, Grupos II y III, totalmente idénticos de 125 MW de potencia cada uno.

Esta central se encuentra situada en el término municipal de Alcudia, a unos 2 kilómetros aproximadamente al Oeste de esta villa, en la finca denominada "Es Murtera" próxima a la albufera (Plano 39).

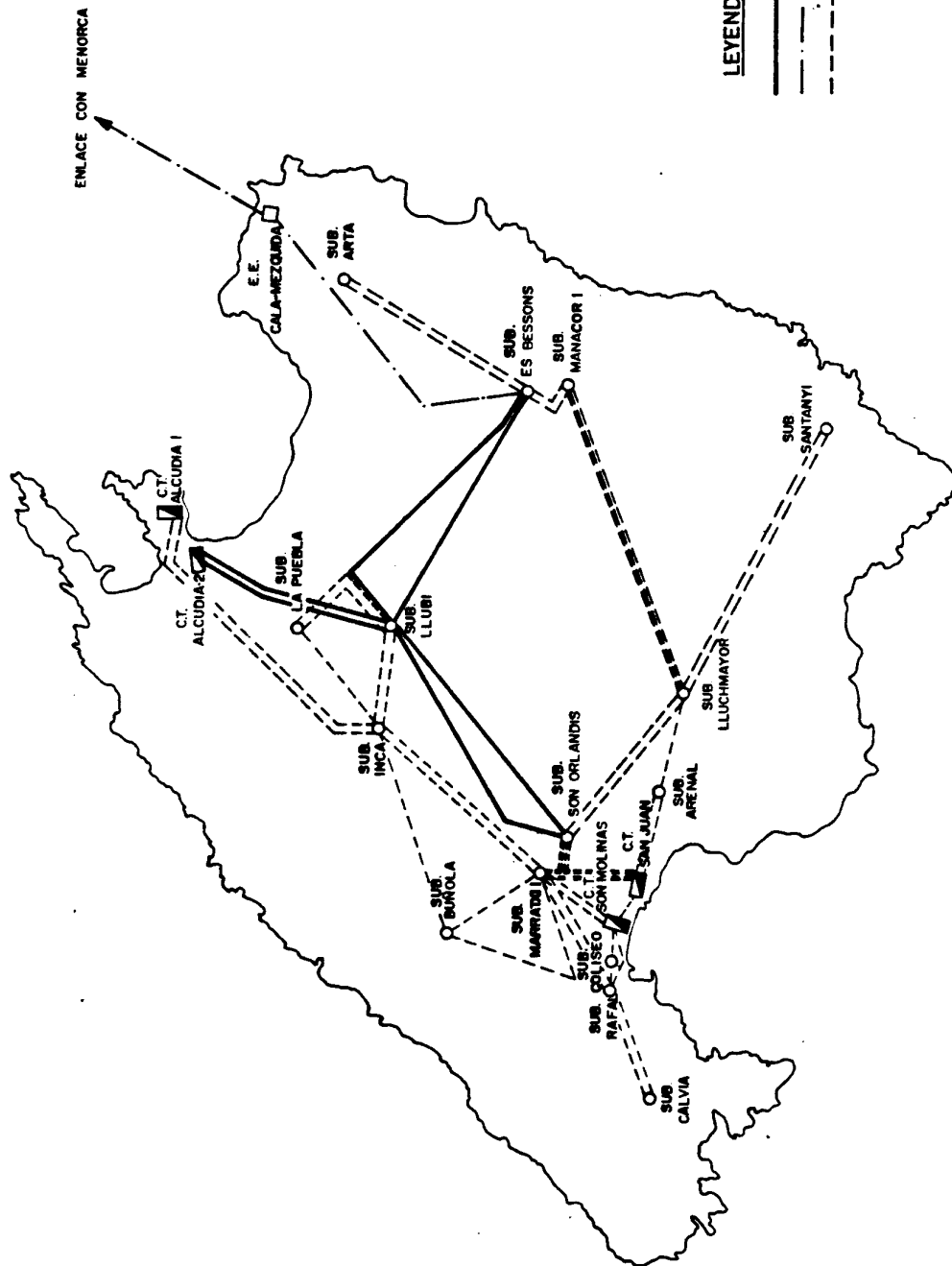
Cada uno de los nuevos Grupos consta de un turbogruppo formado por una turbina de fabricación mixta Bazán-Mitsubishi, de 125 kw de potencia máxima continua alimentada con vapor a 126 kg/cm^2 efectivos, 535° , que acciona un alternador Westinghouse, refrigerado por hidrógeno, de potencia aparente de 156,2 MVA, factor de potencia 0,8, potencia efectiva 125 MW y 12,3 kv en bornes.

El agua de refrigeración del condensador se toma directamente de una planta de bombeo sobre el mar, de la que se envían por circuito doble los 12 m^3 segundos que precisan entre los dos grupos. Esta línea de bombeo es doble hasta el estanque de reserva de donde la mandan otras bombas a los condensadores.

Cada Grupo dispone de su caldera, que es de fabricación mixta, Fábrica de San Carlos-Combustion Eng, para funcionar con tiro natural asistido y capaz de generar 400 t/hora de vapor a 134 kg/cm^2 efectivos, y 538°C , y una entrada intermedia de vapor recalentado de 350 t/hora de vapor a $33,4 \text{ kg/cm}^2$ efectivos.

Para la salida de humos está proyectada una chimenea de 140 metros de altura con conductos independientes para cada Grupo. La sección es cilíndrica con un diámetro interno máximo de 12 metros.

El lignito que se quemará en la central procede de minas propias, aunque alguna vez se complete con lignitos peninsulares, y llegará por medio de camiones que vierten indistintamente en una pareja de fosas



LEYENDA



| | | |
|--|---------------------|-------------------------|
| A. 667 | L.R. E.C. | CAMBIO DESIGNACION SUB. |
| 1538 | J.R. | |
| N.º Proyecto | (Dibujo) Como Anexo | DESCRIPCION |
| INTRADEL S. A. GAS Y ELECTRICIDAD | | |
| RED ELECTRICA DE MALLORCA | | 44801 |

de 50 m³ cada una, desde la que por cinta doble puede ir directamente a central o a apilarse en un parque mecanizado de 125.000 toneladas de capacidad.

En el futuro está previsto que el carbón pudiera llegar por ferrocarril, en cuyo caso se construirá una fosa de 500 m³ para descargar indistintamente trenes o camiones.

Para el almacenamiento del fueloil se dispone de dos tanques de 22.000 m³ cada uno y otros dos de 600 m³ para el servicio diario de cada uno de los Grupos.

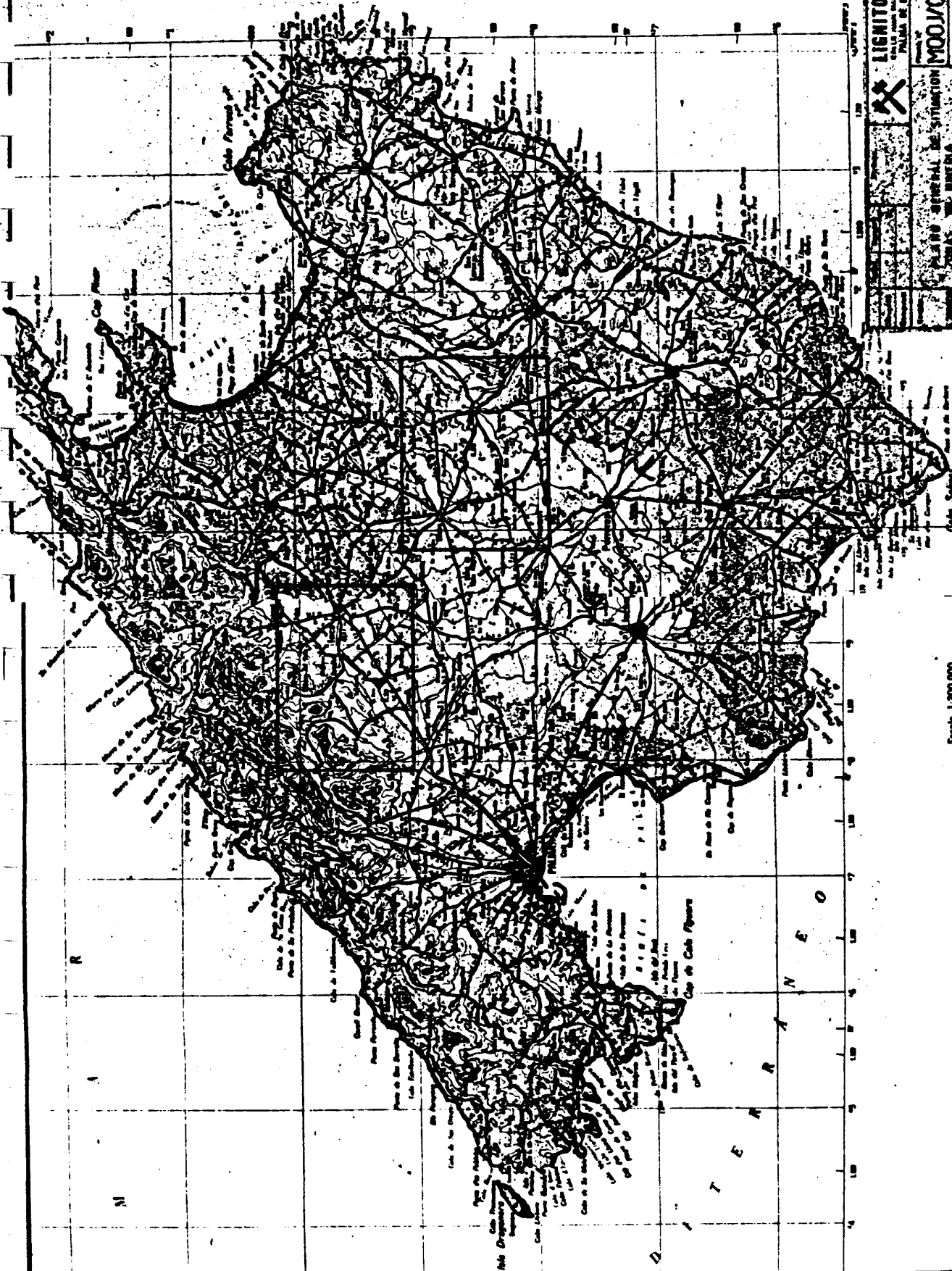
Para el almacenamiento del gasoleo hay un solo tanque de 75 m³ que sirve a los dos Grupos.

4.3.2 Cuenca carbonífera

En el centro de la Isla, entre los pueblos de Alaró e Inca, hay una mancha carbonífera, en la que desde muy antiguo se vienen haciendo explotaciones subterráneas, plano inclinado rectilíneo y que recientemente se han complementado con el beneficio a cielo abierto de un pequeño lentejón, pero cuya vida útil será muy limitada. Las explotaciones de futuro de esta zona se concentrarán en explotaciones subterráneas y a cielo abierto cerca de Alaró y de Inca, pero sin estar relacionadas entre sí (Plano 40).

Más al Este, en la comarca próxima al pueblo de Sineu, existe también una labor a cielo abierto actualmente en producción.

En los Cuadros 53 y 54 se detallan los nombres de las diferentes explotaciones, sus reservas, sistema de laboreo, potencias caloríficas, reservas estimadas y programas de suministros a la central hasta el año 1991.



LIGNITOS, S.A.
 PALMA DE MARIQUITA

PLANO GENERAL DE SITUACION
 CONJUNTO DE BARRERA

MOJJO 0013

Escala 1:200.000

R

M

D

T

E

R

A

N

E

O

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS EXPLOTACIONES DE LIGNITO DE MALLORCA

| Total | Aceti- leno | Alaró Norte | Alaró Sur | Binia mar | Lloseta Norte | Lloseta Sur | Lloseta Subt. | Sineu | Selva | San Cayetano |
|---|----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | |
| RESERVAS (10 ⁶ Tm) | 40,- | 1'8 | 0'8 | 0'2 | 1'5 | 5'0 | 21'0 | 6'0 | 2'0 | 0'4 |
| EXTRAIBLES | 27,3 | 1'5 | 0'8 | 0'2 | 1'5 | 5'0 | 9'0 | 6'0 | 2'0 | 0'3 |
| TIPO DE EXPLOTACION | | Subt. | C.A. | C.A. | C.A. | C.A. | Subt. | C.A. | C.A. | Subt. |
| EXTENSION DE LA EXPLOTACION (Has) | 18 | 60 | 20 | 5 | 33 | 50 | 100 | 30 | 40 | 10 |
| EXTENS. SUPERFICIE AFECTADA (INCL. ESCOMBRERAS) (Has) | 2 | 120 | 20 | 35 | 33 | 230 | 2 | 45 | 55 | 1 |
| PROFUNDIDAD DEL CARBON (mts) | 70-200 | 40-100 | 40-90 | 50-90 | 40-140 | 70-200 | 200-500 | 20-75 | 45-110 | 100-250 |
| CLASE DE RECUBRIMIENTO | Calizo | Calizo | Calizo | Calizo | Calizo Margoso | Calizo Margoso | Calizo Margoso | Margoso | Calizo | Calizo |
| PODER CALORIFICO (Th/Kg) | 2'5-2'6 | 3'0 | 3'0 | 2'5 | 2'4-2'6 | 2'7 | 2'4-2'5 | 1'5-2'0 | 2'4-2'5 | 2'4-2'5 |
| PORCENTAJE DE CENIZAS (%) | 40-42 | 40 | 40 | 42 | 42-45 | 40 | 42-45 | 65-70 | 42 | 42-45 |
| SITUACION ACTUAL | Explotación | EXPROZ piación | Estudio previo | Explo- tación | Estudio previo | Antepro- yectó | Estudio previo | Tramit. Admva. | Antepro- yectó | Explo- tacion |

INTERFERENCIAS DE LAS EXPLOTACIONES:

- CON FERROCARRILES
- CON CARRETERAS
- CON POBLACIONES
- CON VIAS DE AGUA
- CON ACUIFEROS
- CON INST. INDUSTRIALES
- CON EXPLOT. AGRICOLAS
- CON EL PAISAJE

DIFICULTADES DE LA RESTITUCION
DIFICULTADES DE LA EXPLOTACION

COSTES DE LA EXPLOTACION
(B=Bajos, M=Medios, A=Altos)

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|----|----|-----|----|------|------|----|----|----|
| - CON FERROCARRILES | **** | - | - | - | - | **** | **** | - | - | - |
| - CON CARRETERAS | **** | * | * | - | - | **** | **** | - | ** | - |
| - CON POBLACIONES | **** | - | - | - | ** | **** | **** | - | ** | * |
| - CON VIAS DE AGUA | **** | * | * | - | - | **** | **** | - | - | - |
| - CON ACUIFEROS | **** | ** | ** | - | - | **** | **** | - | - | * |
| - CON INST. INDUSTRIALES | **** | - | - | - | - | **** | **** | - | - | - |
| - CON EXPLOT. AGRICOLAS | **** | * | * | - | ** | **** | **** | * | * | - |
| - CON EL PAISAJE | **** | ** | ** | *** | ** | **** | **** | * | ** | - |
| DIFICULTADES DE LA RESTITUCION | **** | * | * | *** | ** | **** | **** | * | ** | - |
| DIFICULTADES DE LA EXPLOTACION | **** | * | * | * | ** | **** | **** | ** | ** | ** |
| COSTES DE LA EXPLOTACION | A | M | A | M | M | A | A | B | M | M |

PLAN DE PRODUCCIONES DE LIGNITOS, S.A. 1.982 - 1.991 en miles de Tm.

| | <u>1982</u> | <u>1983</u> | <u>1984</u> | <u>1985</u> | <u>1986</u> | <u>1987</u> | <u>1988</u> | <u>1989</u> | <u>1990</u> | <u>1991</u> |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Acetileno subterránea | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Alaró Norte "cielo abierto" | - | 155 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | - | - | - |
| Alaró Sur "cielo abierto" | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 100 | 100 |
| Júpiter "cielo abierto" | 40 | 40 | 75 | - | - | - | - | - | - | - |
| Lloseta Norte "cielo abierto" | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lloseta Sur "cielo abierto" | - | - | - | 75 | 125 | 200 | 200 | 360 | 400 | 400 |
| Lloseta Sur subterránea | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| Sineu "cielo abierto" | 40 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Selva "cielo abierto" | - | - | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| TOTAL LIGNITOS, S.A. | 170 | 345 | 585 | 585 | 635 | 710 | 710 | 750 | 850 | 880 |
| San Cayetano subterránea | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| TOTAL LIGNITO DISPONIBLE | 210 | 385 | 625 | 625 | 675 | 750 | 750 | 790 | 890 | 920 |

4.3.3 Combustible de diseño

En el Proyecto se dan varias composiciones del lignito a quemar. Dos de ellas están en la Memoria y son las que siguen:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--|--|
| Análisis inmediato: | <u>Utilizado para separador elect.</u> | <u>Utilizado para carbón consumo</u> |
| Humedad | 16,0 | 14,00 |
| Carbono fijo | 18,2 | 25,80 |
| Materias volátiles | 28,4 | 27,95 |
| Cenizas | 37,4 | 32,25 |
| Poder calorífico superior. | 2.574 | 2.924 |
| | | |
| Análisis elemental: | | |
| Carbono (C) | 29,50 | 32,85 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,72 | 2,58 |
| Oxígeno (O ₂) | 7,64 | 12,04 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,10 | 0,26 |
| Azufre (S) | 5,64 | 6,02 |
| Cenizas | 37,40 | 32,25 |
| Humedad | 16,00 | 14,00 |

En esta segunda composición se estima que a plena carga se consumen 108 t/hora de combustible.

Sin embargo, en otro estudio realizado para determinar las proporciones de azufre que se integran en las cenizas dan las cifras del Cuadro 55.

Por otro lado, el resultado del análisis de 33 muestras de lignito tomadas entre abril de 1976 y marzo de 1977, dan la siguiente composición:

| | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Humedad (higronómica) | 7,32 |
| Carbono (C) | 30,90 |
| Hidrógeno (H ₂) | 2,79 |
| Azufre total (S) | 6,39 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,38 |
| Cenizas | 39,97 |

CUADRO 55

Tabla 1.- Resultados de los análisis de combustible después de molido y tamizado por malla de 2 mm.

| COMPONENTE | M U E S T R A | | | | | | MEDIA |
|---|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| CARBONO FIJO (%) | 25,90 | 25,70 | 26,40 | 27,1 | 26,7 | 25,8 | 26,27 |
| AZUFRE TOTAL (SO ₃)% | 14,90 | 14,90 | 14,90 | 15,30 | 14,00 | 15,00 | 14,83 |
| AZUFRE NO COMBUSTIBLE (SO ₃)% | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,95 | 0,92 | 1,00 | 0,96 |
| CENIZAS (%) | 42,70 | 42,70 | 42,90 | 42,80 | 42,80 | 42,50 | 42,73 |
| CALCIO (Ca)% | 18,00 | 18,20 | 17,30 | 18,20 | 18,30 | 18,20 | 18,03 |
| HUMEDAD (H ₂ O)% | 7,90 | 8,60 | 8,10 | 9,40 | 9,70 | 8,70 | 8,73 |
| P.C.S (Kcal/KE) | 3130 | 3080 | 3040 | 2970 | 2970 | 3160 | 3058 |

En la Memoria del año 1975 aparece otro análisis para estos carbones que es el siguiente:

| | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Carbono (C) | 35,12 |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,24 |
| Oxígeno (O ₂) | 9,10 |
| Nitrógeno (N ₂) | 1,31 |
| Azufre (S) | 6,71 |
| Cenizas | 44,52 |

Por ser éste el que tiene un contenido en cenizas más próximo al carbón consumido en el año 1982, será el que se tome como referencia.

El fuel quemado es el pesado nº 2 de Campsa y el gasoleo el tipo "C" también de Campsa.

Con referencia a los análisis de cenizas, también se hicieron análisis de las mismas en 33 muestras de la caldera, que dieron como resultado un contenido de azufre fijo en las mismas del 6,45 %.

4.3.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 56 y 57 se ve la evolución de consumos de carbones, en los que se puede apreciar el fuerte incremento de los mismos, así como la participación excepcional de hulla de importación el año 1982, aunque el año 1983 ésta se ha sustituido con carbón peninsular procedente de las cuencas de Teruel y Barcelona.

En el Cuadro 58 aparece la evolución de los consumos de combustibles líquidos, distinguiendo en los últimos años la demanda de Alcudia I y Alcudia II.

4.3.5 Nivel de emisiones

Las fijadas para Alcudia son de 9.000 mg SO₂/m³ N y 750 mg partículas/

CUADRO 56

CENTRAL TERMICA: A L C U D I A

Carbon Adquirido

| A Ñ O S | 1-976 | 1-977 | 1-978 | 1-979 | 1-980 | 1-981 | 1-982 | 1-983 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Lignito Negro Balear</u> | | | | | | | | |
| Humedad | 8,88 | 14,91 | 14,14 | 13,13 | 13,00 | 13,90 | 11,10 | 13,70 |
| Cenizas s.m.s. | 40,09 | 39,29 | 43,77 | 43,10 | 45,50 | 45,30 | 48,30 | 58,50 |
| Volátiles s.m.s. | 30,48 | 31,89 | 30,09 | 36,60 | 42,50 | 41,40 | 37,40 | 34,30 |
| P.C.S. | 3.125 | 2.834 | 2.531 | 2.831 | 2.655 | 2.558 | 2.651 | 1.802 |
| Cantidad | 81.433 | 65.930 | 62.312 | 105.422 | 120.946 | 141.859 | 235.421 | 318.102 |
| <u>Lignito Negro Peninsular</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | - | - | 8,50 |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | - | - | 47,20 |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | - | - | 30,80 |
| P.C.S. | - | - | - | - | - | - | - | 3.137 |
| Cantidad | - | - | - | - | - | - | - | 82.134 |
| <u>Hullas importadas</u> | | | | | | | | |
| Humedad | - | - | - | - | - | - | 5,70 | - |
| Cenizas s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 16,70 | - |
| Volátiles s.m.s. | - | - | - | - | - | - | 23,60 | - |
| P.C.S. | - | - | - | - | - | - | 6.622 | - |
| Cantidad | - | - | - | - | - | - | 26.501 | - |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 57

CENTRAL TERMICA: A L C U D I A

Carbón Consumido

| AÑOS | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>Lignito Negro Balear</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 8,74 | 14,92 | 14,16 | 13,30 | 13,10 | 13,90 | 11,50 | 12,10 |
| Cenizas s.m.s. % | 39,99 | 38,51 | 43,65 | 43,50 | 45,30 | 45,10 | 48,20 | 52,00 |
| Volátiles s.m.s. % | 35,22 | 31,88 | 30,11 | 36,20 | 42,70 | 41,50 | 39,40 | 35,60 |
| P.C.S. kcal/kg | 3.123 | 2.839 | 2.536 | 2.816 | 2.680 | 2.572 | 2.563 | 2.654 |
| Cantidad t | 82.006 | 63.829 | 65.242 | 100.853 | 114.660 | 115.610 | 138.486 | 347.197 |
| <u>Lignito Negro Peninsular</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <u>Hullas Importadas</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 58

CENTRAL TERMICA: A L C U D I A

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|------------------|---------------|
| 1974 | 49.150 | 83 |
| 1975 | 51.249 | 123 |
| 1976 | 55.324 | 137 |
| 1977 | 68.819 | 100 |
| 1978 | 80.494 | 67 |
| 1979 | 87.087 | 79 |
| 1980 | 82.781 | 50 |
| 1981 | 95.326 + 1.892 | 37 + 56 |
| 1982 | 45.701 + 153.684 | 32 + 1.698 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

$\text{m}^3 \text{ N}$ y para Alcudia II de $9.000 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$ y $250 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ N}$. La diferencia de los límites en las partículas estriba en la mejor depuración - con precipitadores electrostáticos.

En el Proyecto se hace constar que las emisiones de SO_2 obtenidas por medición directa varían entre $8,43$ y $16,61 \text{ gr}/\text{m}^3 \text{ N}$, con una media de $12,3 \text{ gr}/\text{m}^3 \text{ N}$. Como este nivel de emisiones es superior al tolerado se sugiere producir 100 MW de los nuevos Grupos con fueloil. Los 150 MW restantes habrían de producirse con lignito, pero como no hay bastante oferta disponible de este combustible, aún queda un margen mayor para consumo de fueloil.

Para el cálculo de emisiones de partículas se parte de un caudal de gases de $197,71 \text{ m}^3/\text{s}$ con un contenido de polvo de $68,935 \text{ gr}/\text{m}^3 \text{ N}$, que con el precipitador ofrecido quedan limitados a $122 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ N}$, inferior al margen autorizado.

Para el cálculo de estas emisiones el año 1982, se procede como en otras centrales.

4.3.5.1 Humos

Haciendo la salvedad que el año elegido no es muy representativo ya que los dos Grupos de 125 MW no habían entrado aún con plena potencia, se hace el cálculo para los combustibles realmente consumidos.

a) Combustión del lignito

Haciendo los oportunos reajustes tendremos:

| | <u>% Ponderal</u> | |
|---------------------------------|--|--|
| | <u>Lignito de diseño</u> Memoria 1975 | <u>Lignito consumido</u> Dato elaborado |
| Carbono (C) | 35,12) | 33,02) |
| Hidrógeno (H_2) | 3,24) | 3,05) |
| Oxígeno (O_2) | 9,10) | 8,55) |
| Nitrógeno (N_2) | 1,31) | 1,23) |
| Azufre (S) | 6,71) | 5,95) |
| Cenizas | 44,52) | 48,20) |
| Humedad | - | 11,50 |
| | $\Sigma = 100$ | $\Sigma = 100$ |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,3302 = 1,211 \text{ kg CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,3302 = 0,676 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,595 = 0,119 \text{ kg SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,595 = 0,042 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,3302 + \frac{32}{32} \cdot 0,0595 + \frac{16}{2} \cdot 0,0305 - 0,0855 \right) = \\ &= 1,098 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{\text{O}_2} = 1,098 \cdot 0,25 = 0,275 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,275 = 0,192 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

H₂O en humos:

Agua aportada por el combustible $\frac{11,50}{88,50} = 0,130 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg ligni}$
to seco.

Agua producida por la combustión del H₂ =

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0305 = 0,275 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,130 + 0,275 = 0,405 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 0,405 = 0,503 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

N_2 en humos:

$$P_{N_2} = 0,0123 \cdot 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,23} \cdot 1,098 = 4,607 \text{ kg } N_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 4,607 = 3,686 \text{ m}^3 N_2/\text{kg lignito seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | kg/kg lignito seco | % | m ³ /kg lignito seco | % |
|------------------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,211 | 18,30 | 0,676 | 13,26 |
| SO ₂ | 0,119 | 1,80 | 0,042 | 0,82 |
| H ₂ O | 0,405 | 6,12 | 0,503 | 9,86 |
| O ₂ | 0,275 | 4,16 | 0,192 | 3,77 |
| N ₂ | 4,607 | 69,62 | 3,686 | 72,29 |
| Totales | 6,617 | - | 5,099 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{6,617}{5,099} = 1,297 \text{ kg/m}^3 \text{ N}$$

4.3.5.2 Partículas

La distribución de escorias y cenizas es la misma de otras centrales y en cuanto al precipitador electrostático se acepta el rendimiento que da el Proyecto para los tres Grupos y que es de 99,619 %.

En el Cuadro 59 se recogen los datos de emisión de partículas y volúmenes de gases correspondientes. Hay que hacer notar que no se han tomado los mismos datos para la separación de partículas, cosa que no queda muy aclarada en el proyecto, en que parece que al separador del Grupo I sólo le da un rendimiento del 94 %.

De acuerdo con esto, la concentración de partículas que salen por la chimenea del Grupo I será:

$$23 \cdot 10^3 / 23,798 = 965 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

CUADRO 59
CENTRAL TERMICA DE ALCUDIA
DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | ALCUDIA I | | | ALCUDIA II | | | SUMA |
|--|---------------|----------|---------|---------------|-----------|-----------|---------|
| | Lignito Negro | Fuel-oil | Gasoleo | Lignito Negro | Fuel-oil | Gasoleo | |
| POTENCIA | 37,5 | | | 2 x 125 | | | 287,5 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 35,362 | 45,701 | 0,032 | 103,124 | 153,684 | 1,698 | |
| Humedad (1) | 11,50 | - | - | 11,50 | - | - | |
| Consumo anual sobre seco | 31,295 | - | - | 91,265 | - | - | |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 48,20 | - | - | 48,20 | - | - | |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 15,084 | - | - | 43,990 | - | - | |
| 15 % Escorias | 2,263 | - | - | 6,598 | - | - | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 0,754 | - | - | 2,200 | - | - | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 12,067 | - | - | 35,192 | - | - | |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 94,00 | - | - | 99,619 | - | - | |
| Partículas que salen por la chimenea | 724.020 | - | - | 134.081 | - | - | 180.056 |
| Emisión de partículas (3) | 23,0 | - | - | 4,2 | - | - | 27,2 |
| Gases de combustión (4) | 5,099 | 12,921 | 12,921 | 5,099 | 12,921 | 12,921 | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 159,573 | 590,916 | 590,916 | 465,360 | 2.007,691 | 2.007,691 | |
| Caudal de humos (3) | 750,489 | | | 2.473,051 | | | 102,218 |
| Nº de chimeneas | 23,798 | | | 78,420 | | | |
| Altura de la chimenea | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | 80 | 80 | 80 | 140 | 140 | 140 | |

(1) Datos de OFICO repartidos según la propia central y del I.N. de Hidrocarburos.
(2) 1 año: 31.536 · 10³ segundos.

por encima de las 750 admitidas.

En cambio la emisión conjunta de los dos nuevos Grupos será:

$$4,2 \cdot 10^3 / 78,420 = 54 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

inferior a los 350 autorizados.

3.4.5.3 Gases sulfurosos

Desglosando también las emisiones por las distintas chimeneas, tendremos que con un contenido de azufre del 5,95 % sobre el lignito seco, las emisiones de SO₂, a lo largo del año, del Grupo I serán:

$$2 \cdot (31,295 \cdot 0,0595 + 45,701 \cdot 0,029 + 32 \cdot 0,009) = 6,375 \text{ t de SO}_2$$

el nivel de emisiones será:

$$6,375 \cdot 10^9 / 31,536 \cdot 10^3 = 202,149 \text{ mg SO}_2/\text{segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$202 \cdot 1,219 / 23,798 = 8,494 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

inferior a la autorizada.

Para los dos nuevos Grupos, la emisión de SO₂ será:

$$2 (103.120 \cdot 0,0595 + 153.684 \cdot 0,029 + 1.698 \cdot 0,009) = 21.216 \text{ t de SO}_2$$

el nivel de emisiones será:

$$21.216 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 672.755 \text{ mg/segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$672.755 / 78,420 = 8.579 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

inferior a la autorizada.

En estos cálculos no se ha tenido en cuenta que las cenizas contienen un 6,45 % de azufre, que teóricamente se han restado de las que puedan escapar por la chimenea.

4.3.6 Nivel de inmisiones

Para poder utilizar los datos meteorológicos del aeropuerto de Son San Juan, se instaló en la central una torre metereológica con objeto de seguir durante un período largo de tiempo los resultados comparados de ambos observatorios.

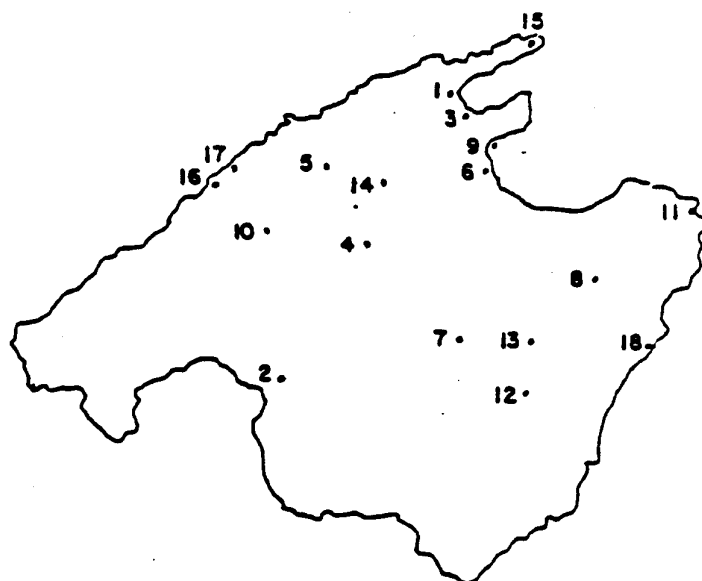
La torre tiene 120 metros de altura, con tres niveles de medida a 8, 32 y 120 metros de altura, en los que se mide temperatura, dirección y velocidad del viento, así como su componente vertical. Los niveles de estos sensores se recogen y procesan en un minicomputador.

Para el estudio de las inmisiones se instaló una red de sensores que figura en el Plano 41.

PLANO 41

Situación de los puntos de observación utilizados

Escala 1; 1000000



- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1.-Pollensa | 10.-Buñola-Orient |
| 2.-Son San Juan | 11.-Capdepera-Faro |
| 3.-Alcudia | 12.-Manacor- Ca s'Hereu |
| 4.-Inca | 13.-Manacor- Rafael Roig |
| 5.-Lluch | 14.-Pollensa-Can Serra |
| 6.-Alcudia-La Victoria | 15.-Pollensa-Formentor |
| 7.-Ariany-Petra | 16.-Soller-Faro de la Cruz |
| 8.-Arta | 17.-Soller-Faro Punta Grossa |
| 9.-Isla Aucanada-Faro | 18.-Son Servera. |

5. CENTRALES TERMICAS ALIMENTADAS CON LIGNITO PARDO

En España sólo hay dos centrales que consumen esta clase de combustible y se encuentran en la provincia de La Coruña.

La más antigua es la de Puentes, que en su tiempo fue instalada por la desaparecida E.N. Calvo Sotelo (ENCASO), con dos Grupos de 16 MW, que suministraba energía a sus propias instalaciones de fabricación de abonos y a la red general.

Al pasar este criadero a ser propiedad de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), se abandonó la vieja central y se instaló una nueva en la que se han montado cuatro Grupos de 350 MW cada uno.

La central quema lignitos de su propio criadero, que suelen tener un alto contenido de azufre, lo que ha obligado a tomar medidas más o menos efectivas para evitar niveles altos de inmisión. Sobre las emisiones, se ha hecho últimamente un intento de quemar briquetas de lignito importado muy bajas de azufre, pero no parece que este recurso pueda tener mucho éxito, puesto que habría que importar ingentes cantidades para tratar de rebajar el contenido de azufre de los doce millones de toneladas anuales de su producción propia.

La otra central, que es la de Meirama, presenta mayores inconvenientes en la combustión de sus lignitos por su bajo contenido calórico.

Al parecer se han hecho modificaciones en las calderas con el fin de habilitarlas para la combustión de una mezcla de lignito y hulla, que en un principio se pensó que fueran importadas.

5.1 P U E N T E S

5.1.1 Descripción

Esta central térmica es propiedad de la Empresa Nacional de Electricidad, en la que escalonadamente se han instalado cuatro Grupos de 350 MW, que fueron entrando en servicio los años 1976, 1977, 1978 y 1979.

Se halla emplazada en el término municipal de Puentes de García Rodríguez, en la provincia de La Coruña, muy cerca de su límite con la provincia de Lugo.

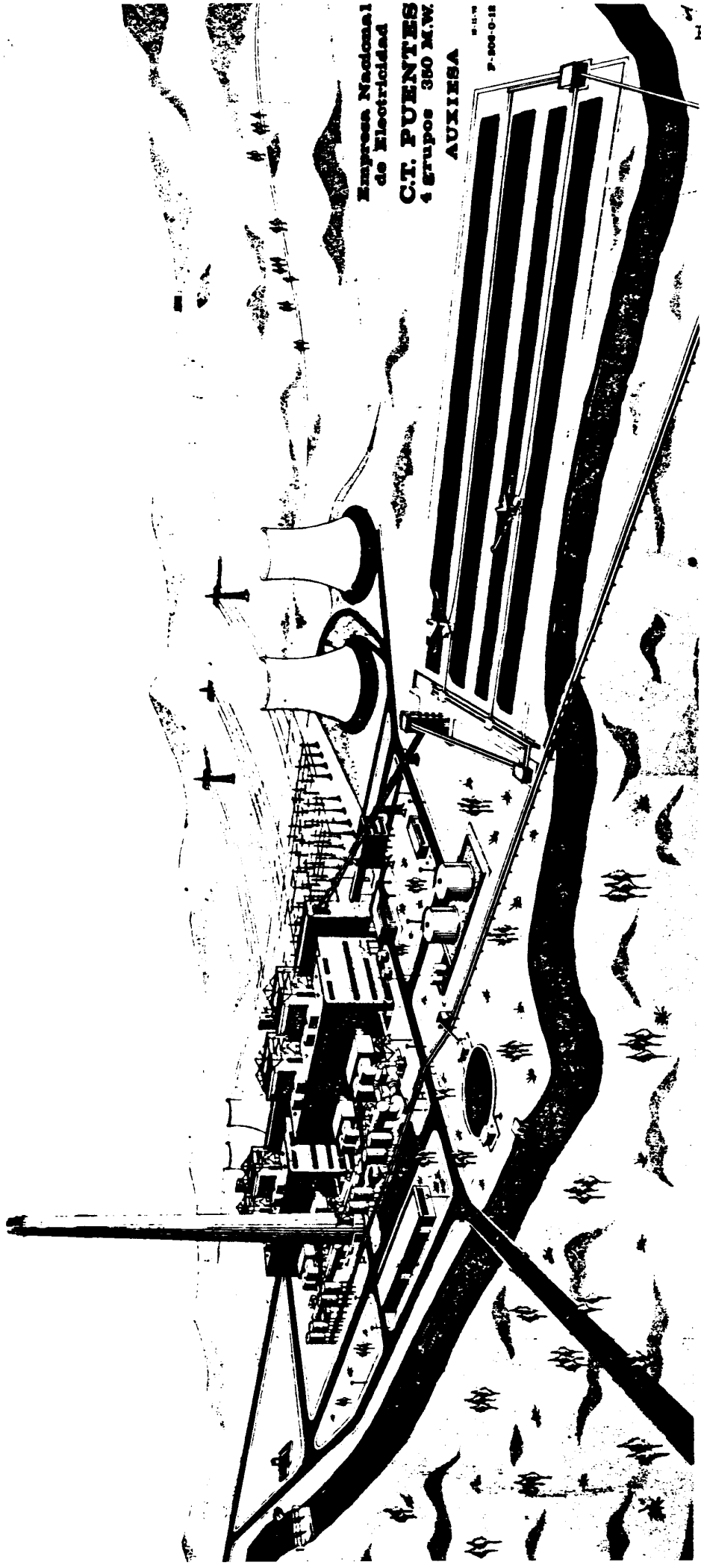
Por carretera el pueblo dista 72 km de La Coruña y 43 km de El Ferrol. La estación más próxima es Rábada, que se encuentra a 45 km, sobre la línea Lugo-Coruña de la RENFE (Planos 42 y 43).

Cada uno de los Grupos consta de un turbogruppo formado por una turbina de 350 MW de potencia máxima alimentada con vapor sobrecalentado a 162 kg/cm^2 efec. y $538 \text{ }^\circ\text{C}$, con una admisión intermedia a 40 kg/cm^2 y la misma temperatura, que acciona un alternador refrigerado por hidrógeno, de potencia aparente de 369 MVA, factor de potencia 0,95 y potencia útil continua de 350 MW.

El agua de refrigeración del condensador se toma del embalse de Regueira, 2 km aguas arriba sobre el río Eume, propiedad de la Empresa, el cual le garantiza un suministro constante de $3,6 \text{ m}^3$ segundo durante todo el año, pero como cada condensador necesita un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{segundo}$, se ha montado para cada Grupo una torre de refrigeración de tipo hiperbólico de 118 m de altura y diámetros de 84, 48 y 54 metros, en la base, garganta y coronación, respectivamente.

Cada Grupo dispone de su propia caldera, que es de tipo torre, con circulación natural asistida, capaz de generar cada una 1.091 t/hora de vapor sobrecalentado a $540 \text{ }^\circ\text{C}$ y 169 kg/cm^2 efec. y una salida intermedia de vapor recalentado de 960,3 t/hora a esa misma temperatura.

Empresa Nacional
de Electricidad
C.T. PUENTES
4 Grupos 360 M.W.
AUXILIA



Para la salida de humos y por razones de defensa contra la contaminación, se dispone de una chimenea única de 356,5 metros, aunque cada caldera dispone dentro de ella de su chimenea metálica propia de 6,34 m de diámetro.

La caldera está diseñada para quemar 100 % de lignito bruto, hasta un límite del 40 % de la carga, en que deben entrar los combustibles líquidos.

El lignito que se consume en esta central procede de minas propias y llega por cinta con una capacidad de 4.500 t/hora, de la que puede ir si se quiere a los silos de calderas, o puede ser almacenado en un parque de almacenamiento y homogeneización de cuatro soleras de 620 . 30, que permite apilar bajo cubierta hasta 476.000 toneladas, que es una reserva inferior a 8 días de trabajo de la central.

Para el almacenamiento del fueloil se dispone de dos depósitos de 4.000 m³ y para el gasoleo de otros dos de 100 m³.

5.1.2 Cuenca carbonífera

El yacimiento de lignito explotado por la empresa está constituido por unos depósitos terciarios situados en una llanura próxima al río Eume y atravesado por la carretera general del Ferrol.

La zona explotable ocupa una zona orientada NW-SE de unos 8 km de longitud, con una anchura de 1 a 3 km, ubicada sobre la citada llanura, rodeada de lomas de escasa altura que se resuelven al Norte y al Este, en sierras bien definidas, rotas solamente por el paso de la vaguada del río Eume.

La traza de la carretera Lugo-Ferrol- pisa el yacimiento por su eje longitudinal, y la de Puente de Eume a Puentes lo cruza transversalmente en la bifurcación con la del Ferrol. Ambas vías de comunicación se verán afectadas en su día por la explotación a cielo abierto del criadero (Plano 44).



El criadero forma una sola unidad, sin islotes ni prolongaciones y se apoya en una base paleozoica metamorfizada.

La zona del terciario, que descansa sobre un conglomerado y tiene una potencia de 1 a 40 metros es estéril, que pertenece al tramo del Aqui teniense.

Sobre este horizonte, y algo discordante con él, se encuentra el resto del Mioceno, que es productivo y está formado por lignito pardo y arcillas alternantes.

El cuaternario cubre horizontal y discordantemente todo el terciario, con potencias de 2 o 7 metros, y está formado por un conglomerado de arcillas, cuarzo fracturado, cuarzo redondeado y restos de pizarra du ra (Plano 45).

En el lignito pardo se distinguen tres variedades: El lignito común, que es el más abundante, de aspecto terroso (compuesto de restos vege tales); el lignito xiloide, muy duro (compuesto de troncos, raíces y ramas); y la piropisita, muy alta en volátiles (compuesto por mate rias resinosas fósiles).

En la actualidad la cubeta presenta buzamientos suaves en la parte Sur y violentos en la parte Norte.

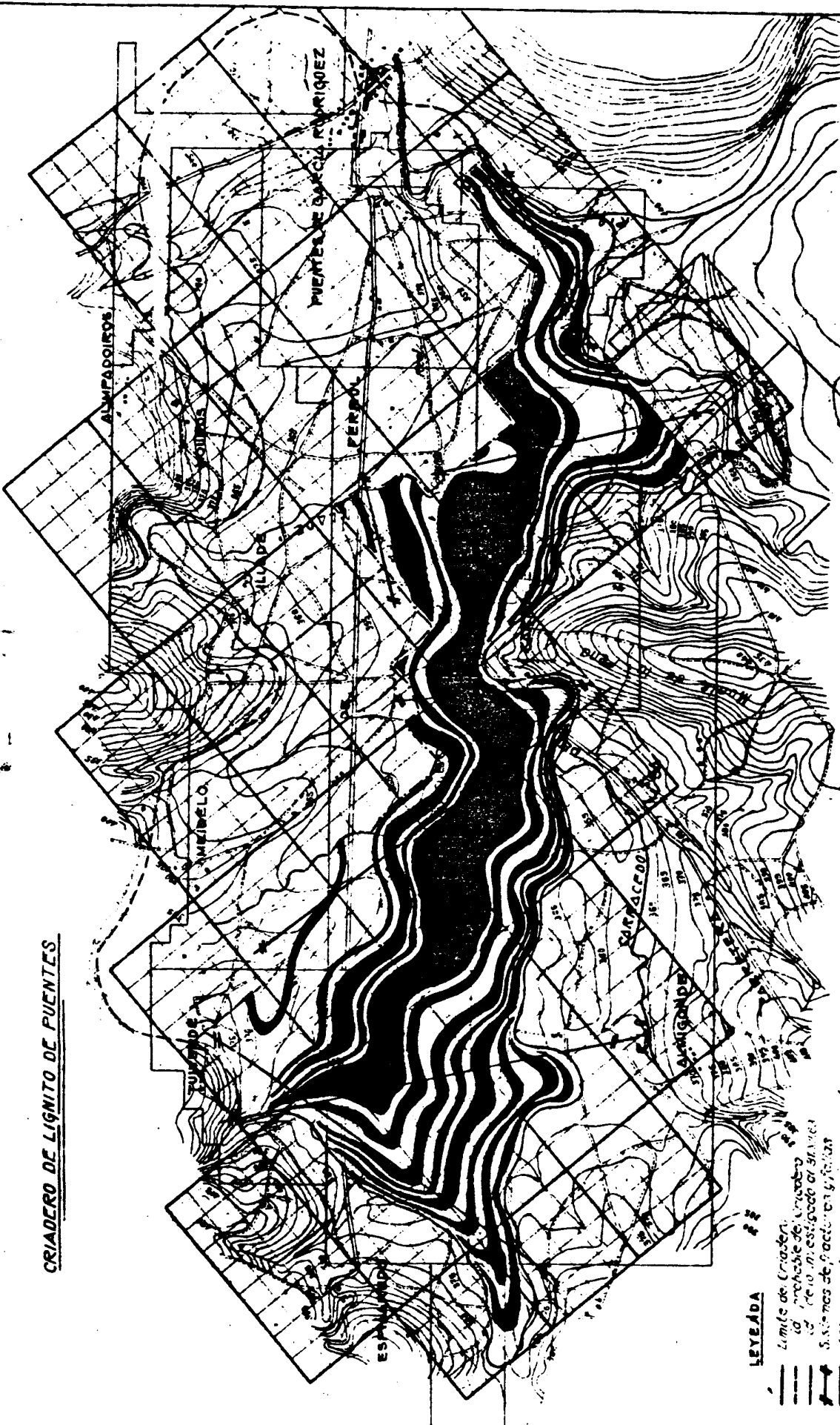
Se distinguen claramente dos grandes zonas: la del Oeste (Españaredo-Meidalo) y la del Este (Mouros-Puentes). Están separadas por un levan tamiento transversal situado a la mitad del criadero (crestón del Mei dalo-Illade (Plano 46).

El límite del criadero por la parte norte viene determinado por una serie de fallas en sierra.

El criadero ha sido objeto de reconocimientos exhaustivos con sondeos, pozos y labores mineras de explotación, y sus cubicaciones han sido cada vez más ajustadas, a medida que se iban acumulando conocimien tos acerca de su estructura.

La última cubicación que figura en el Cuadro 60 es la que sirvió de

CRIADERO DE LIGNITO DE PUENTES



LEYENDA

- Límite de Criadero
- Límite de explotación
- Límite de explotación al exterior
- Sitios de explotación
- Afloramiento de las capas de lignito

| ESCALAS | DIBUJO | FECHA | NOMBRE |
|-----------|------------|-------------|--------|
| 1: 20.000 | DIBUJO | NOVEMBRE 72 | |
| | COMPROBADO | NOVEMBRE 72 | |
| | APROBADO | NOVEMBRE 72 | |

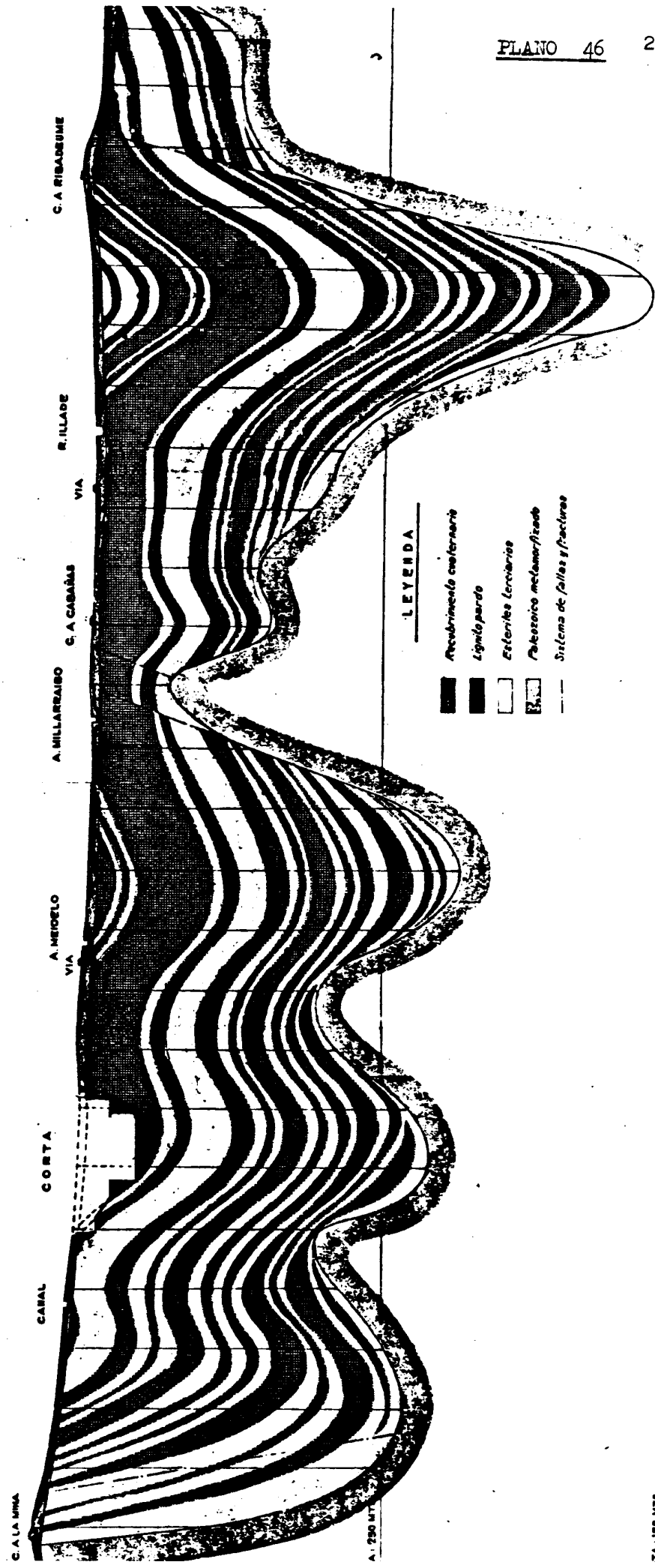
YACIMIENTO DE LIGNITO DE PUENTES DE QUEVEDO RODRIGUEZ

PLANO DE AFLORAMIENTO DE LIGNITO

EDICION Nº

Nº MP-0106





LEYENDA

- Recubrimiento cuaternario
- Ligilo pardo
- Esteriles terciarias
- ▨ Mesozoico metamorfizado
- - - Sistema de fallas y fracturas

C.A. LA UNNA

CANAL

CORTA

A. MEROLO VIA

A. MILLARBAO

C.A. CABANAS VIA

R. ILLAZ

C.A. RIBANDEME

A. 230 MTS

TA. 150 MTS

CUADRO 60

CAMPO DEL OESTE

| Profundidad | Recubierta Mm ³ | Interca- laciones Mm ³ . | R + I Mm ³ . | Lignito In situ Mt. | Lignito extraible Mt. | Ratio R + I : C m ³ : t | Ratio I:C m ³ : t |
|-----------------|-------------------------------|---|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 = 2 + 3 | 5 | 6 | 7 = 4: 6 | 8 = 3: 6 |
| Hasta 180 m. | 73,620 | 226,452 | 300,072 | 166,472 | 149,116 | 2,01 : 1 | 1.52 : 1 |
| de 180 - 200 m. | - | 6,180 | 6,180 | 5,192 | 4,725 | 1,31 : 1 | 1,31 : 1 |
| de 200 - 220 m. | - | 3,347 | 3,347 | 4,116 | 3,767 | 0,89 : 1 | 0,89 : 1 |
| Suma | 73,620 | 235,979 | 309,599 | 175,780 | 157,608 | 1,96 : 1 | 1,50 : 1 |

CAMPO DEL ESTE

| | | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| hasta 140 m. | 131,105 | 254,026 | 385,131 | 119,186 | 102,445 | 3,76 : 1 | 2,48 : 1 |
| De 140 - 160 m. | - | 21,609 | 21,609 | 5,688 | 4,800 | 4,50 : 1 | 4,50 : 1 |
| De 160 - 180 m. | - | 16,566 | 16,566 | 2,415 | 1,886 | 8,78 : 1 | 8,78 : 1 |
| Suma | 131,105 | 292,201 | 423,306 | 127,289 | 109,131 | 3,98 : 1 | 2,68 : 1 |
| T O T A L | 204,725 | 528,180 | 732,905 | 303,059 | 266,739 | 2,75 : 1 | 1,98 : 1 |

apoyo para el establecimiento del actual sistema de explotación con una producción anual que alcanza los 12 millones de toneladas.

5.1.3 Combustible de diseño

Al igual que en otras centrales, se ha partido de muchos análisis, pero en definitiva el aceptado para carbón de diseño es el siguiente:

| Análisis inmediato: | <u>% Ponderal</u> | |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono fijo | 13,1 | 23,8 |
| Materias volátiles | 20,1 | 36,5 |
| Cenizas | 21,8 | 39,7 |
| Humedad | <u>45,0</u> | <u>-</u> |
| | 100,0 | 100,0 |
| Azufre contenido en m. volátiles | 2,2 | - |
| Poder calorífico inferior kcal/kg ... | 1.755 | - |
| Poder calorífico superior kcal/kg ... | 2.080 | - |

| Análisis elemental: | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 20,9 | 38,0 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,9 | 3,5 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,3 | 0,6 |
| Oxígeno (O ₂) | 7,2 | 13,0 |
| Azufre (S) | 2,2 | 4,0 |
| Cenizas | 22,5 | 40,9 |
| Humedad | <u>45,0</u> | <u>-</u> |
| | 100,0 | 100,0 |

El fuel consumido es el pesado nº 2 de Campsa y el Gasoleo el tipo - "C" también de Campsa.

5.1.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 61 y 62 se ve la evolución del lignito propio y consu

CUADRO 61

CENTRAL TERMICA: PUENTES G. R.

Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|--------------------------------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <u>Lignito Pardo Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 46,32 | - | 41,93 | 42,80 | 42,40 | 41,10 | 40,90 | 40,20 |
| Cenizas s.m.s. % | 30,06 | - | 39,89 | 36,80 | 35,70 | 38,90 | 38,00 | 39,00 |
| Volátiles s.m.s. % | 41,53 | - | 36,18 | 38,00 | 38,10 | 36,40 | 36,50 | 36,70 |
| P.C.S. kcal/kg | 2.292 | - | 2.080 | 2.169 | 2.210 | 2.192 | 2.229 | 2.189 |
| Cantidad t | 314.554 | - | 5.210.766 | 7.309.863 | 11.082.088 | 11.745.162 | 13.380.403 | 12.832.624 |
| <u>Lignito Pardo Importado</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | - | 15,30 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 12,00 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 52,60 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | - | 5.164 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | - | 190.046 |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 62

CENTRAL TERMICA: PUENTES G. R.

Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|--------------------------------|---------|-------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <u>Lignito Pardo Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | 46,32 | - | 41,99 | 42,80 | 42,40 | 41,10 | 40,80 | 40,20 |
| Cenizas s.m.s. % | 30,06 | - | 39,86 | 36,70 | 35,70 | 38,60 | 38,10 | 39,00 |
| Volátiles s.m.s. % | 41,53 | - | 36,19 | 38,00 | 38,10 | 36,40 | 36,50 | 36,70 |
| P.C.S. kcal/kg | 2.292 | - | 2.078 | 2.175 | 2.210 | 2.190 | 2.208 | 2.188 |
| Cantidad t | 314.554 | - | 5.066.903 | 7.410.153 | 11.096.084 | 11.753.928 | 13.301.324 | 12.868.732 |
| <u>Lignito Pardo Importado</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | - | 15,20 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 12,00 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 52,80 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | - | 5.162 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | - | 183.739 |

Fuente: O F I C O.

mido. Sólo en 1983 se hizo una aportación puramente simbólica de lig
nitos importados.

En el Cuadro 63 figura la evolución de los combustibles líquidos. Co
mo se ve, el año 1977 cesó de trabajar la antigua central y en 1976
se empezaron a poner en servicio los nuevos Grupos.

5.1.5 Nivel de emisiones

Los límites de emisión fijados para esta central son de 750 mg/m³ N
en partículas y de 9.000 mg/m³ N para SO₂.

5.1.5.1 Humos

Entre los estudios presentados por esta empresa para establecer nive
les de emisión de humos, se parte del siguiente combustible:

| | <u>% Ponderal</u> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Humedad | 45,0 |
| Cenizas | 21,8 |
| Carbono (C) | 20,9 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,9 |
| Azufre (S) | 2,1 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,3 |
| Oxígeno (O ₂) | 8,0 |
| P.c.s. kcal/kg | 2.043 |
| P.c.i. kcal/kg | 1.720 |

Este carbón, para un consumo de 491 t/hora, proporciona los siguien
tes volúmenes de humos:

| | |
|--|------------------------------|
| Volumen humos en condiciones reales .. | 3,055 M m ³ /hora |
| Volumen humos en condiciones normales. | 1,710 M m ³ /hora |
| Peso de gas | 2,124 M kg/hora |
| Temperatura de salida | 180 °C |

C U A D R O 63

CENTRAL TERMICA: P U E N T E S

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | 248 | - |
| 1975 | 485 | - |
| 1976 | 765 + 41.214 | 4.870 |
| 1977 | 396 + 70.036 | 5.605 |
| 1978 | 104.927 | 5.708 |
| 1979 | 111.536 | 4.705 |
| 1980 | 63.718 | 6.364 |
| 1981 | 37.943 | 3.766 |
| 1982 | 16.205 | 2.573 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

Composición de gases en un 25 % de exceso de aire de combustión:

| | <u>% en peso</u> | <u>% en volumen</u> |
|---|------------------|----------------------------|
| Dióxido de carbono (CO ₂) | 17,74 | 11,19 |
| Dióxido de azufre (SO ₂) | 0,95 | 0,41 |
| Oxígeno (O ₂) | 3,78 | 3,28 |
| Nitrógeno (N ₂) | 62,35 | 61,74 |
| Vapor de agua (H ₂ O) | 15,18 | 23,38 |
| Peso molecular | 27,73 | g/mol. |
| Peso específico | 1.238 | kg/m ³ N O °C |
| Calor específico | 0,339 | kcal/m ³ N O °C |

Contra estas previsiones de marcha, los resultados para la emisión de humos a lo largo de 1982 son los siguientes:

a) Combustión de lignito

Como siempre, se hacen los reajustes necesarios para equiparar lo consumido a carbón de diseño.

| Componentes | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | Lignito diseño Memoria 1974 | Lignito consumido Dato elaborado |
| Carbono (C) | 38,0) | 39,80) |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,5) | 3,67) |
| Oxígeno (O ₂) | 13,6) | 13,61) |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,6) | 0,63) |
| Azufre (S) | 4,0) | 4,19) |
| Cenizas | 40,9) | 38,10) |
| Humedad | - | 40,00 |
| | $\Sigma = 100$ | $\Sigma = 100$ |

CO₂ en humos:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,3980 = 1,459 \text{ kg CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,3980 = 0,743 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0419 = 0,084 \text{ kg SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0419 = 0,029 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

O₂ en humos:

$$\begin{aligned} O_2 \text{ aporta} &= \left(\frac{32}{12} \cdot 0,3980 + \frac{32}{32} \cdot 0,0419 + \frac{16}{2} \cdot 0,0367 - 0,1361 \right) = \\ &= 1,261 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.} \end{aligned}$$

Exceso de aire 25 %.

$$P_{O_2} = 1,261 \cdot 0,25 = 0,315 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,315 = 0,221 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible} = \frac{40,80}{59,20} = 0,689 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco}$$

Agua producida por combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0367 = 0,330 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

$$P_{H_2O} = 0,689 + 0,330 = 1,019 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{H_2O} = \frac{22,4}{18} \cdot 1,019 = 1,268 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{kg lignito seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{N_2} = 0,0063 + 0,77 \cdot \frac{1,25}{0,22} \cdot 1,261 = 5,283 \text{ kg N}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{N_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 5,283 = 3,392 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg lignito seco.}$$

El cuadro de composición de humos resultante es:

| Componente | kg/kg lignito seco | % | m ³ /kg lignito seco | % |
|------------------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,459 | 17,88 | 0,743 | 13,14 |
| SO ₂ | 0,084 | 1,03 | 0,029 | 0,52 |
| H ₂ O | 1,019 | 12,49 | 1,268 | 22,43 |
| O ₂ | 0,315 | 3,86 | 0,221 | 3,91 |
| N ₂ | 5,283 | 64,74 | 3,392 | 60,00 |
| Totales | 8,160 | - | 5,653 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{8,160}{5,653} = 1,443 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

La emisión por hora dependerá del régimen de carga de la caldera.

5.1.5.2 Partículas

La distribución de escorias y cenizas es la misma que en otras centrales, y en cuanto al precipitador electrostático se acepta el rendimiento más bajo de los consignados en los Proyectos que es del 99,1 %.

En el Cuadro 64 se recogen las emisiones medias anuales de partículas y de gases correspondientes a los consumos de 1982.

De acuerdo con esto, la concentración media anual de partículas que salen por la chimenea será:

$$683,8 \cdot 10^3 / 1.416,836 = 451 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

muy por debajo de los 750 mg admitidos.

5.1.5.3 Gases sulfurosos

En el Proyecto se acepta que existe una emisión de 20,6 t/hora por cada Grupo a plena carga, que expresada en otras unidades sería:

CUADRO 64
CENTRAL TERMICA PUENTES
DATOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| C O N C E P T O S | G R U P O | | | | S U M A |
|--|---------------|----------|---------|---------|------------|
| | I | II | III | IV | |
| POTENCIA | 350 | 350 | 350 | 350 | 1.400 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | LIGNITO PARDO | FUEL-OIL | | GASOLEO | |
| Consumo anual combustible (1) | 13.301,324 | 16,205 | | 2,573 | |
| Humedad (1) | 40,9 | - | | - | |
| Consumo anual sobre seco | 7.861,086 | - | | - | |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | 38,1 | - | | - | |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 2.995,074 | - | | - | |
| 15 % Escorias | 449,261 | - | | - | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 149,753 | - | | - | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 2.396,060 | - | | - | 2.396,060 |
| Rendimiento del precipitador electrostático | 99,1 | - | | - | 99,1 |
| Particulas que salen por la chimenea | 21.564.540 | - | | - | 21.564.540 |
| Emisión de partículas (3) | 683,8 | - | | - | 683,8 |
| Gases de combustión (4) | 5,653 | | 12,921 | | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 44.438,719 | | 242,630 | | 44.681,349 |
| Caudal de humos (3) | | | | | 1.416,636 |
| Nº de chimeneas | | | 1 | | |
| Altura de la chimenea | | | 356,5 | | |

(1) Datos partes de OFIÇO y del I.N. de Hidrocarburos.

(3) 1 año: 31.536 . 10³ segundo.

12 g SO₂/m³ N de humos
 4.580 SO₂ p.p.m. en volumen
 20,2 g SO₂ / 10³ calorías
 58,9 g SO₂ /kwh.

En el caso de los consumos que se estudian para el año 1982, y partiendo de que los contenidos de azufre sobre lignito seco, fueloil y gasoleo, son de 4,19 ‰; 2,6 ‰ y 0,9 ‰, respectivamente, tendremos que las emisiones totales de SO₂ en el año serán:

$$2 (7.861.686 \cdot 0,0419 + 16.205 \cdot 0,026 + 2.573 \cdot 0,009) =$$

$$= 659.648 \text{ toneladas de SO}_2/\text{año.}$$

El nivel de emisiones será, por tanto:

$$659.648 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 20.917.301 \text{ mg SO}_2/\text{segundo}$$

y la emisión en volumen será:

$$20.917.301 / 1.416,836 = 14.763 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

que es superior a la estimada y también a los 9.000 mg autorizados.

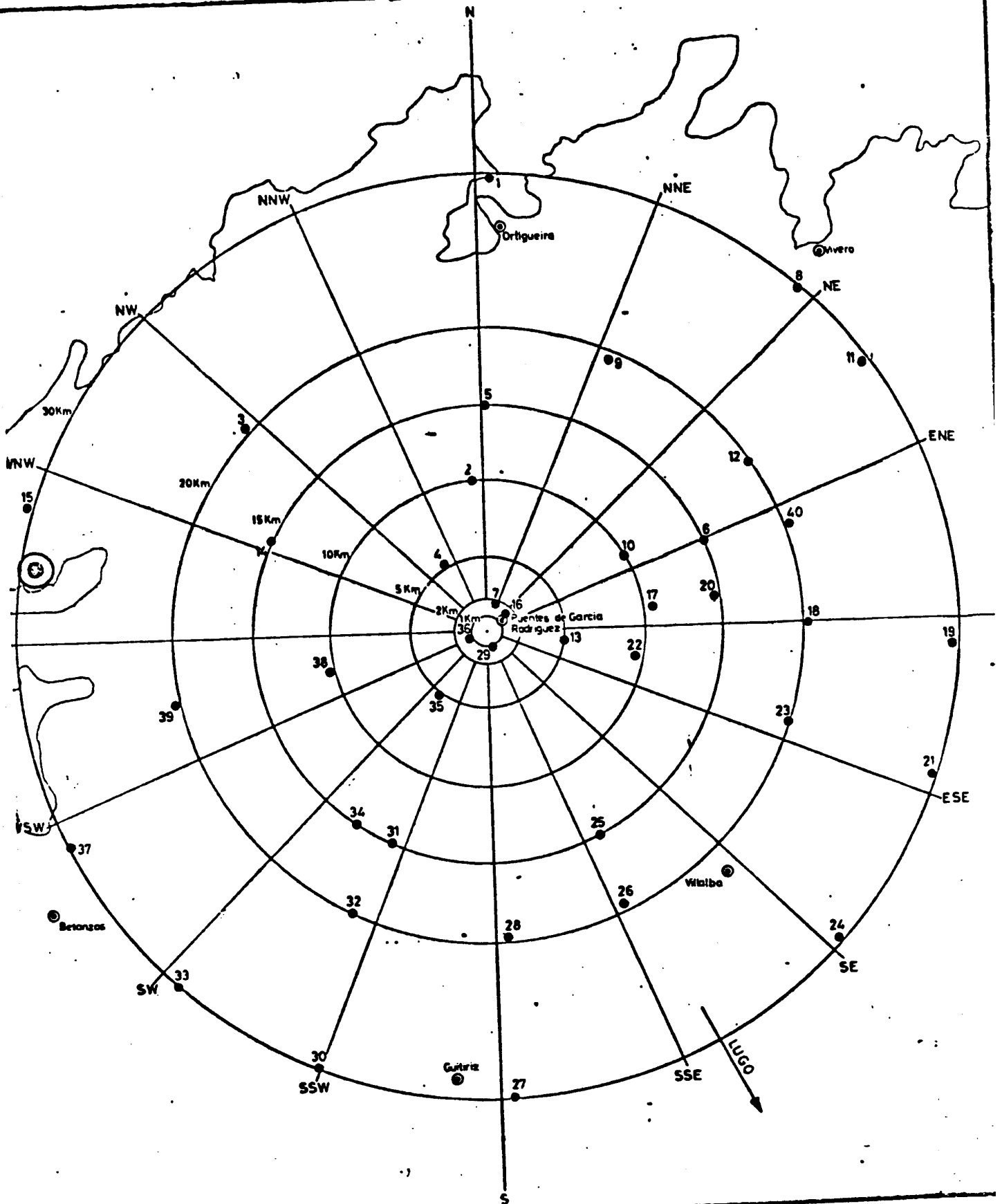
Merece la pena analizar en esta central, que parte del azufre se fija en las cenizas, antes de adoptar otras resoluciones tendentes a reducir las emisiones de SO₂ en los humos.

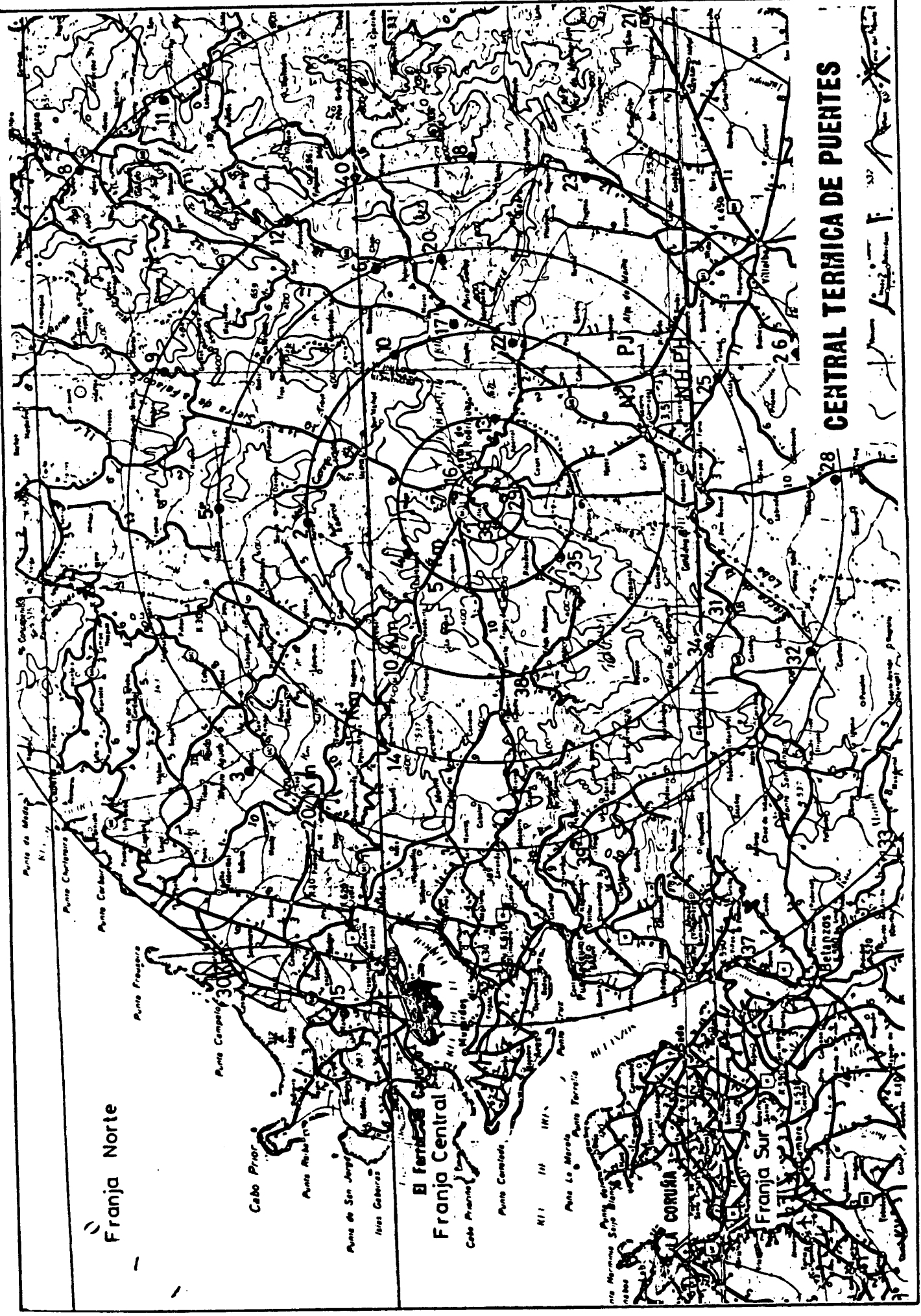
5.1.6 Nivel de inmisiones

La red de 40 estaciones de control de la contaminación atmosférica está distribuida en círculos concéntricos de radios 1, 2, 5, 10, 15, 20 y 30 km alrededor de la central y su situación según la rosa de los vientos y sus distancias aproximadas al foco emisor, figuran en los Planos 47 y 48 y en los Cuadros 65 y 66.

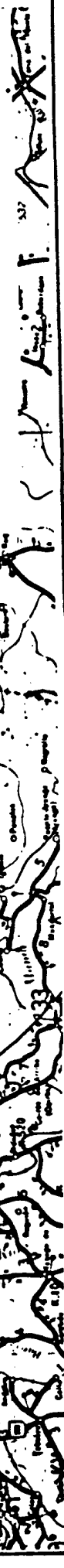
El instrumental utilizado es el aparato CA-7 para la medición de SO₂ y partículas en suspensión.

Localización de las estaciones de control de la contaminación atmosférica con respecto a la rosa de los vientos.





CENTRAL TERMICA DE PUENTES



LOCALIZACION DE ESTACIONES DE CONTROL DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

| Nº de Estación | Coordenadas Lambert en Km. | | Situación respecto a chimenea | | Lugar de referencia y Término Municipal |
|----------------|----------------------------|----------|-------------------------------|------------------|--|
| | X | Y | Orientación Lambert (g. sex.) | Distancia en Km. | |
| 1 | 262,2 | 1.019,8 | N 1º W | 29,9 | En plano: Cruz del Meixón T. M.: Cariño (La Coruña) |
| 2 | 259,8 | 1.000,0 | N 12º W | 10,3 | Bustabad (Alto de Villalbesa) T.M.: Somozas (La Coruña) |
| 3 | 247,9 | 1.004,45 | N 44º W | 20,2 | Peña Escrita - Seara T.M.: S. Saturnino (La Coruña) |
| 4 | 259,8 | 994,5 | N 25º W | 5,1 | Vilar - Outeiro T.M.: Puentes (La Coruña) |
| 5 | 263,2 | 1.005,0 | N 5º E | 15,1 | Escuela de Casares (Cabanas) T.M.: Ortigueira (La Coruña) |
| 6 | 276,4 | 995,0 | E 19º N | 15,3 | Alto de Gañidoiras T.M.: Muras (Lugo) |
| 7 | 262,7 | 991,7 | N 23º E | 2,0 | Campeiras T.M.: Puentes (La Coruña) |
| 8 | 283,2 | 1.011,3 | N 45º E | 30,2 | Castelo (Vivero) T.M.: Vivero (Lugo) |
| 9 | 271,0 | 1.007,6 | N 27º E | 19,8 | Graña dos Carunchos (Castiñoceiras) T.M.: Mañón (La Coruña) |
| 10 | 271,0 | 994,1 | E 25º N | 9,9 | Pena de Geldaiz T.M.: Muras (La Coruña) |
| 11 | 287,1 | 1.006,1 | E 33º N | 29,9 | Condomiña T.M.: Vivero (Lugo) |
| 12 | 279,4 | 999,4 | E 28º N | 19,9 | Penabade T.M.: Orol (Lugo) |
| 13 | 266,8 | 988,4 | E 17º S | 5,1 | Hermida (Coto de la) T.M.: Germade (Lugo) |
| 14 | 248,6 | 997,0 | W 28º N | 15,0 | Caminogrande T.M.: S. Saturnino (La Coruña) |
| 15 | 233,3 | 1.000,3 | W 20º N | 30,4 | Cra. Ferrol a Ortigueira (por Cedeir) Km. 2-3: Molino del Viento; T.M.: El Ferrol. |
| 16 | 263,1 | 991,1 | N 42º E | 1,7 | Puentes de García Rodríguez T.M.: Puentes (La Coruña) |
| 17 | 272,5 | 990,9 | E 5º N | 10,6 | Casanova T.M.: Muras (Lugo) |
| 18 | 282,1 | 988,1 | E 5º S | 20,2 | Funqueira T.M.: Muras (Lugo) |
| 19 | 291,6 | 986,0 | E 8º S | 29,9 | Cordal T.M.: Mondoñedo (Lugo) |
| 20 | 276,5 | 991,2 | E 5º N | 14,6 | Escuela de Pedreira (O'Coto) T.M.: Muras (Lugo) |

LOCALIZACION DE ESTACIONES DE CONTROL DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

| Nº de Estación | Coordenadas Lambert en Km. | | Situación respecto a chimenea | | Lugar de referencia y Término Municipal |
|----------------|----------------------------|-------|-------------------------------|------------------|---|
| | X | Y | Orientación Lambert (g. sex.) | Distancia en Km. | |
| 21 | 289,8 | 978,6 | E 22º S | 30,1 | Chousa da Regueira (As Carballas) T.M.: Abadín (Lugo) |
| 22 | 271,3 | 987,6 | E 15º S | 10,2 | Boucello T.M.: Germade (Lugo) |
| 23 | 280,5 | 982,2 | E 23º S | 20,1 | Besta da Riba (Escuela de Pedragosa) T.M.: Villalba (Lugo) |
| 24 | 282,9 | 968,4 | E 44º S | 30,0 | Grandavella T.M.: Villalba (Lugo) |
| 25 | 268,1 | 976,3 | S 25º E | 15,0 | Piñó T.M.: Villalba (Lugo) |
| 26 | 269,5 | 971,7 | S 23º N | 19,7 | Aldea (Escuela) - Outeiro T.M.: Villalba (Lugo) |
| 27 | 261,5 | 959,9 | S 1º W | 30,1 | Carballal T.M.: Guitiriz (Lugo) |
| 28 | 262,0 | 970,1 | S 1º E | 19,8 | Buriz T.M.: Guitiriz (Lugo) |
| 29 | 262,4 | 988,8 | E 22º S | 1,2 | Cra. Puentes a Buliqueiras T.M.: Puentes (La Coruña) |
| 30 | 249,3 | 962,6 | S 25º W | 30,0 | Orosa T.M.: Aranga (La Coruña) |
| 31 | 255,3 | 976,8 | S 27º W | 14,0 | Guilfonso T.M.: Monfero (La Coruña) |
| 32 | 252,9 | 972,5 | S 26º W | 19,7 | Leiras T.M.: Aranga (La Coruña) |
| 33 | 240,4 | 968,5 | S 45º W | 30,4 | Xora T.M.: Coiros (La Coruña) |
| 34 | 252,9 | 978,2 | S 38º W | 14,8 | Percira T.M.: Monfero (La Coruña) |
| 35 | 258,4 | 986,0 | S 42º W | 5,3 | Campoverde T.M.: Capela (La Coruña) |
| 36 | 260,9 | 989,4 | W 29º S | 1,2 | Vila T.M.: Puentes (La Coruña) |
| 37 | 234,5 | 978,0 | W 23º S | 29,9 | Barreiro T.M.: Paderne (La Coruña) |
| 38 | 251,9 | 988,1 | W 10º S | 10,1 | Teixedelos T.M.: Capela (La Coruña) |
| 39 | 242,0 | 986,6 | W 9º S | 20,1 | Taboada T.M.: Monfero (La Coruña) |
| 40 | 281,4 | 995,5 | E 16º N | 20,3 | Campo da Cruz (Viveiró) T.M.: Muras (Lugo) |

Para la medición de partículas sedimentables y el agua de lluvia se emplea el captador "Standard Gauge".

En las estaciones 10, 14 y 18 se encuentran tres analizadores continuos Biolafitte, modelo AF 2.

En las estaciones 29, 31 y 39 hay tres analizadores continuos de SO_2 , Phillips modelo PW 9.755/00.

Para las observaciones meteorológicas se dispone de una torre de 80 metros de altura.

5.2 M E I R A M A

Esta central térmica es hoy día propiedad de Unión Eléctrica-FENOSA, S. A., siendo la segunda de estas sociedades la que montó el Grupo de 550 MW en servicio desde el año 1981.

La central está emplazada en el municipio de Cerceda, en el límite con los de Carral y Ordenes, en las inmediaciones del lugar denominado Lou-sa, todos de la provincia de La Coruña.

Los terrenos limitan al sur con la carretera comarcal Mesón del Viento-Cerceda, estando situados a 2,7 kilómetros de la primera de estas localidades, por donde pasa la carretera nacional Santiago-La Coruña, de cuya ciudad la central dista 31 km. Al oeste limita con la línea de F.C. de Santiago a La Coruña (Planos 49 y 50).

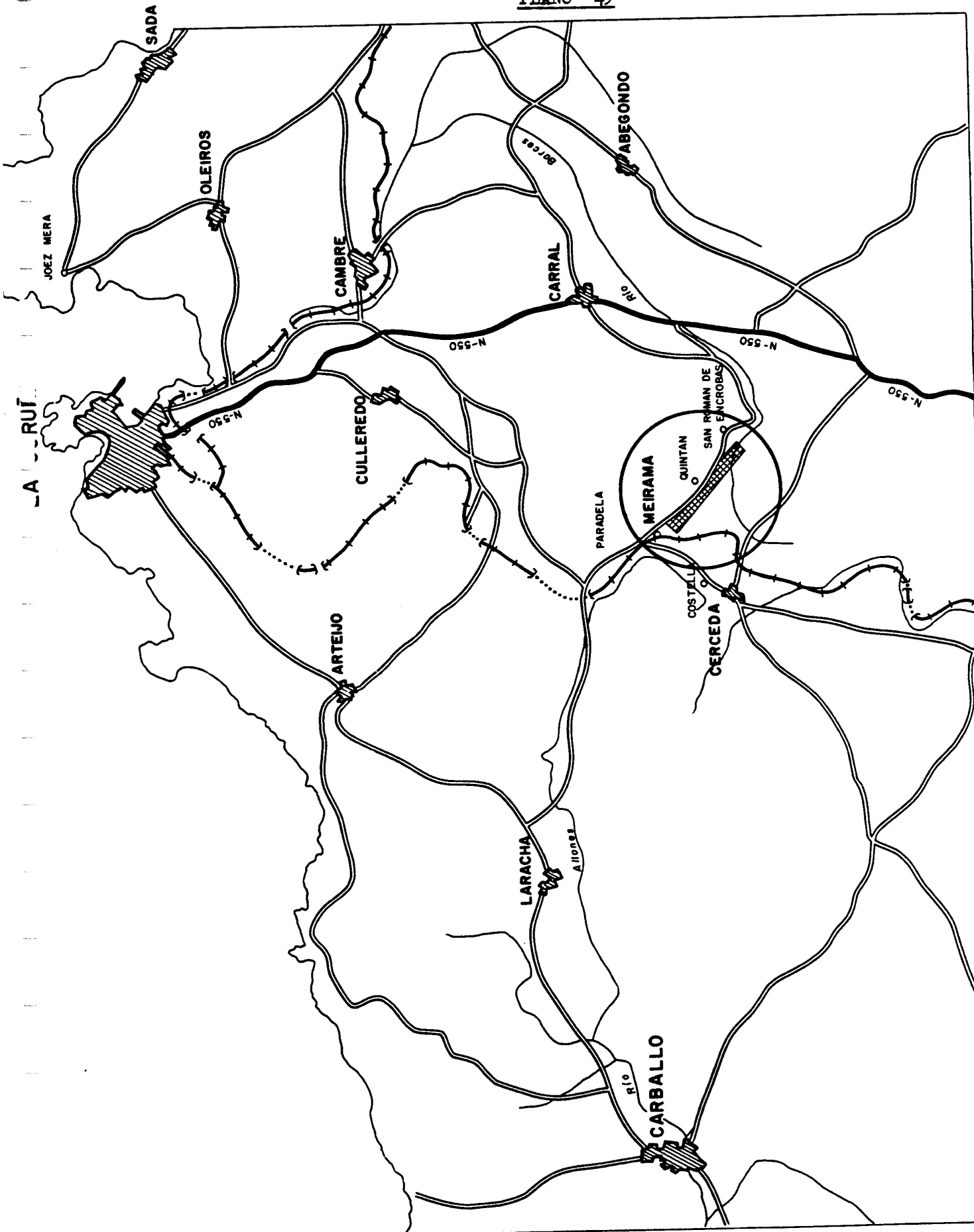
El turbogruppo de tipo monobloque es accionado por una turbina con vapor vivo de admisión a 168 kg/cm^2 efec. y $538 \text{ }^\circ\text{C}$, con recalentamiento intermedio a 538 ° .

El alternador, refrigerado por hidrógeno, tiene una potencia aparente de 590 MVA, factor de potencia 0,85, potencia útil de 550 MW y tensión en bornes de 19 kv.

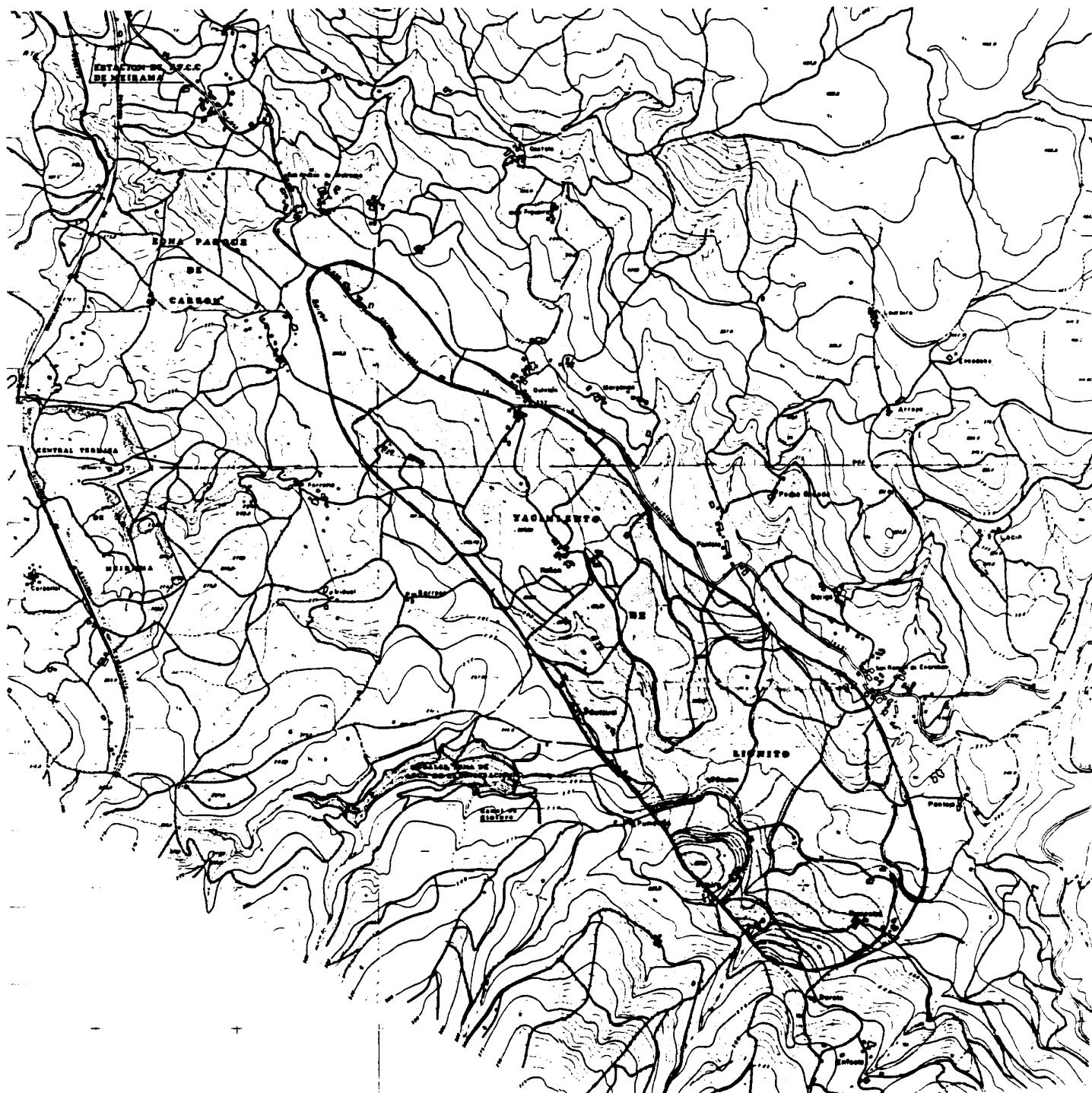
El condensador se refrigera con agua tomada de un embalse construido en la confluencia de los ríos Vaduido y Bustelo, con una capacidad de 600.000 m^3 . Como el caudal corriente disponible no es suficiente para mantener el gasto de $15 \text{ m}^3/\text{segundo}$ necesario para la refrigeración, se ha montado una torre de tipo hiperbólico de tiro natural, de 120 metros de altura y diámetro en la base de unos 100 metros.

La caldera es de fabricación mixta Balcke-Durr y Babcock & Wilcox, de tiro natural asistido, capaz de producir 1.750 t/hora, a 186 kg/cm^2 efec. y 590 ° , con un recalentamiento intermedio a 1.560 t/hora, a $41,8 \text{ kg/cm}^2$ efec. y la misma temperatura.

Para la evacuación de los humos y reducir la contaminación ambiental se ha construido una chimenea de 200 metros de altura, con diámetro interior de 8,40 metros.



PLANO 50



La caldera está diseñada para quemar 100 % de lignito bruto hasta un 40 % de la carga, y por debajo de este límite es preciso recurrir a fueloil de apoyo. Precisamente y para evitar este consumo, se ha solicitado y conseguido permiso para transformar los elementos de la caldera que sean necesarios para quemar hulla en proporción del 25 % de la potencia calorífica necesaria, habilitando para ello un parque de carbones de 200 . 138, capaz para almacenar 255.000 toneladas.

En todo caso, el año 1983, y a título de ensayo se quemó un pequeño tonelaje de briquetas de lignito importadas.

Para el lignito existe un parque de homogeneización en la central, al que llega por cinta transportadora desde el parque de la mina y va a los silos de caldera.

El fueloil y gasoleo pueden llegar indistintamente por ferrocarril o carretera. El primero se almacena en un tanque de 10.000 m³.

5.2.2 Cuenca carbonífera

De acuerdo con el plan de investigación por sondeos de este criadero, realizado por el Instituto Geológico y Minero (Plano 51), se pueden distinguir en él tres zonas (Plano 52).

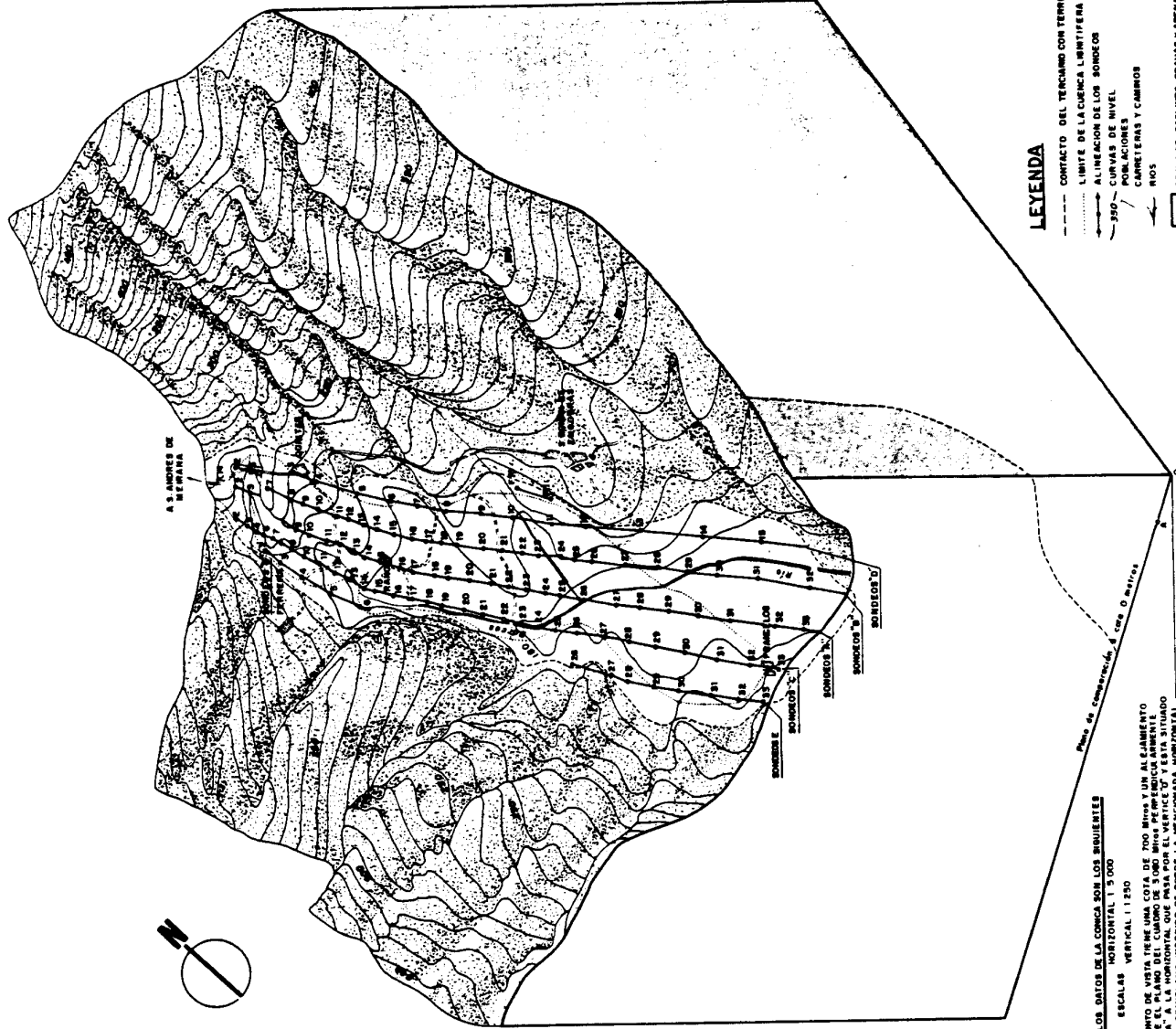
Zona 1. Corresponde al extremo occidental, con una longitud aproximada de 1.300 metros. Al no existir fallas transversales, la sedimentación tuvo lugar en forma muy homogénea.

Zona 2. Corresponde a la parte intermedia, con una longitud aproximada de 1.200 m. Es la zona de transición, donde están localizados los mayores dislocamientos de la cuenca, caracterizada por una serie de fallas transversales que dan lugar a hundimientos escalonados. Es en esta zona donde se encuentran la mayoría de las intercalaciones estériles, que en algunos puntos alcanzan hasta 80 metros de potencia.

Zona 3. Corresponde al extremo oriental de la cuenca y tiene una lon

PLANO 51

PERSPECTIVA CONCA DEL VALLE DE MEIRAMA



LEYENDA

- CONTACTO DEL TERCIANO CON TERREMOS ANTERIORES
- LIMITE DE LA CUENCA LIBRITIFERA
- ALINEACION DE LOS BORDES
- CURVAS DE NIVEL
- POBLACIONES
- CARRETERAS Y CAMBIOS
- RIOS
- ANOLLAS, COLINAS, GRABAS Y AMENAS DEL TERCIANO
- CUENCA LIBRITIFERA
- ERROSTOS BIOTITICOS
- GRANITO DE GRANO GUAISO

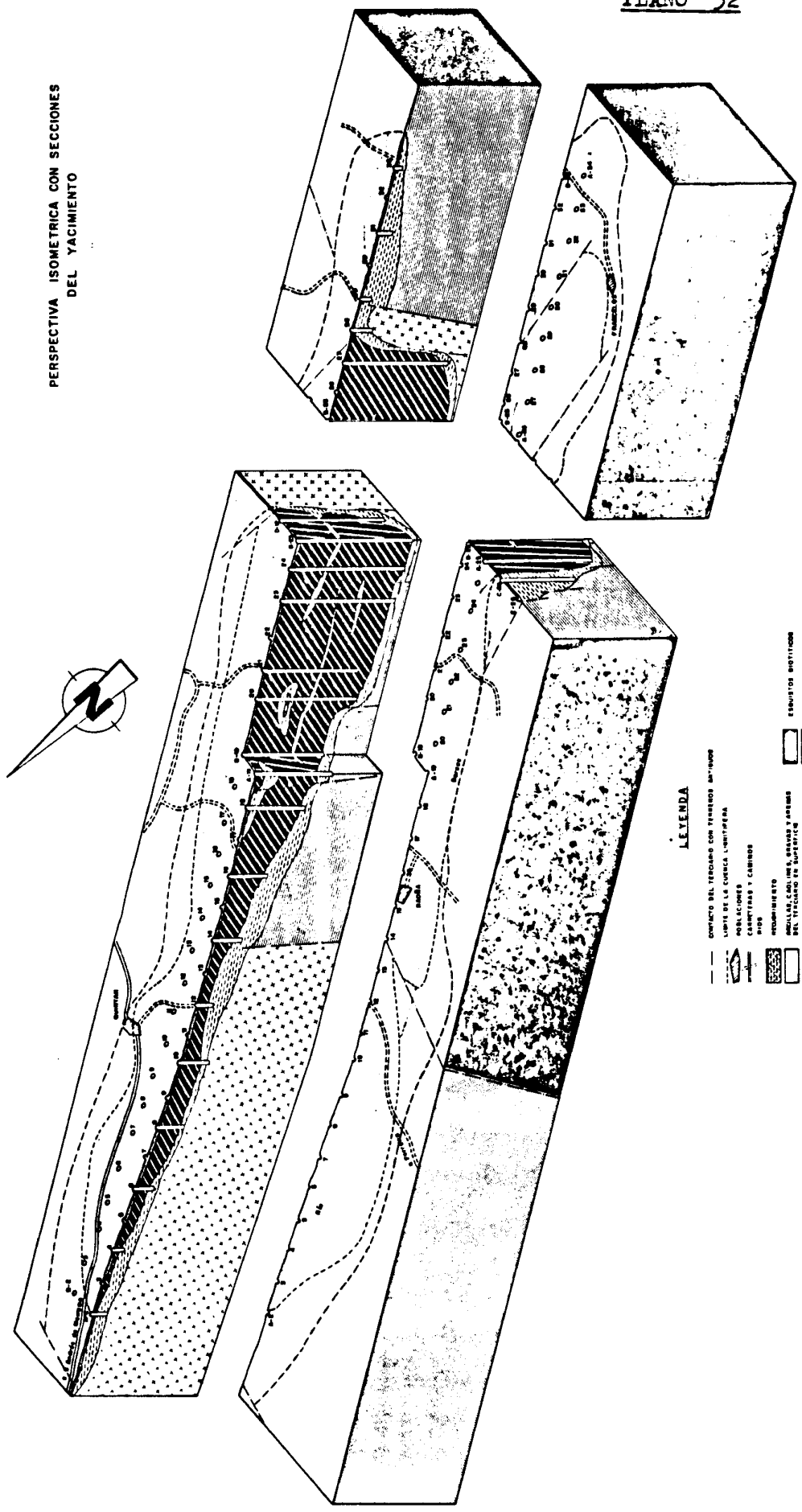


Plano de construcción a Esc. 0 metros

LOS DATOS DE LA CONCA SON LOS SIGUIENTES
 ESCALAS
 HORIZONTAL 1:5 000
 VERTICAL 1:250

EL PUNTO DE VISTA TIENE UNA COTA DE 700 METROS Y UN ALZAMIENTO DE 50°. EL PLANO DEL CUADRO DE 3 000 METROS PERPENDICULAR A LA LINEA DE VISTA SE SITUARÁ EN EL SEMIPLANO INFERIOR DE BORDE LA MENCIONADA HORIZONTAL. EL PUNTO DE VISTA DEL CUADRO CON EL PLANO DE CONSTRUCCION DE COTA 0 QUE FORMA EL BLOQUE ES UNA LINEA PARALELA A LA HORIZONTAL QUE PASA POR O', DISTANTE DE ESTE 500 METROS.

PERSPECTIVA ISOMETRICA CON SECCIONES DEL YACIMIENTO



LEYENDA

- LIMITE DEL TERCIARIO CON TIENELOS ANTIQUO
- LIMITE DE LA CUENCA L'UNITIPERA
- POBLACIONES
- CARRERAS Y CAMINOS
- RIOS
- ACUMULAMIENTO
- MULLAS, CALLES, ARENAS Y ARENAS
- ARENAS, CALLES, ARENAS Y ARENAS
- CUENCA L'UNITIPERA EN SUPERFICIE
- LIMITE EN LAS SECCIONES
- ESQUISTOS BRITOLITH
- ESQUISTOS BRITOLITH EN LAS SECCIONES
- GRANITO
- GRANITO EN LAS SECCIONES

NOTA: El estudio de este territorio, por el autor de la obra.

gitud aproximada de 600 metros, y en ella se encuentra la gran fosa con una profundidad que alcanza hasta los 340 metros.

Las fallas dieron lugar a pequeñas subsidencias, y ello dió lugar a que apenas se formasen intercalaciones estériles.

La cubicación, de la que aquí se omite el detalle y que se realizó por evaluación entre perfiles transversales, es la siguiente:

| | <u>Zona 1</u> | <u>Zona 2</u> | <u>Zona 3</u> | <u>Total</u> |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| En millones de m ³ | 12,64 | 35,20 | 34,24 | 82,08 |
| En millones de t | 15,17 | 42,24 | 41,08 | 95,48 |

Si a este tonelaje lo afectamos del coeficiente del 0,8 para tener en cuenta pérdidas de explotación, llegamos a los 78 millones de toneladas en que se ha basado la elección de la potencia del Grupo de 550 MW.

5.2.3 Combustible de diseño

En esta central, como en otras, se dan varias composiciones para el carbón de diseño, que se recogen a continuación.

a) Carbón de diseño para el proyecto de la caldera:

| Análisis elemental | <u>Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C) | 27,02 | 54,04 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,93 | 3,86 |
| Oxígeno (O ₂) | 9,27 | 18,54 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,29 | 0,58 |
| Azufre (S) | 1,30 | 2,60 |
| Cenizas | 9,24 | 18,40 |
| Humedad | 50,- | - |

| Análisis de cenizas | <u>% Ponderal</u> |
|--------------------------------------|-------------------|
| Si O ₂ | 49,39 |
| Al ₂ O ₃ | 18,53 |
| Fe ₂ O ₃ | 8,17 |
| Ce O | 10,52 |
| Mg O | 2,43 |
| Na ₂ O | 0,74 |
| F ₂ O | 0,51 |
| S O ₃ | 7,64 |
| Ti O ₂ | 0,70 |
| Punto reblandecimiento °C | 1.275 |
| Punto de fluidez °C | 1.365 |

b) Carbón de diseño para contaminación atmosférica:

| Análisis inmediato | <u>% Ponderal</u> | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono fijo | 16,50 | 33,00 |
| Materias volátiles | 22,00 | 44,00 |
| Cenizas | 9,24 | 18,48 |
| Azufre | 1,30 | 2,60 |
| Humedad | 50,00 | - |
| Poder calorífico superior kcal/kg.. | 2.098 | - |
| Poder calorífico inferior kcal/kg.. | 1.735 | - |

| Análisis elemental | <u>% Ponderal</u> | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | <u>Sobre bruto</u> | <u>Sobre seco</u> |
| Carbono (C ₂) | 27,02 | 54,04 |
| Hidrógeno (H ₂) | 1,93 | 3,86 |
| Oxígeno (O ₂) | 9,27 | 18,54 |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,29 | 0,58 |
| Azufre (S) | 1,30 | 2,60 |
| Cenizas | 9,24 | 18,48 |
| Humedad | 50,00 | - |

Valores extremos de las características sobre bruto:

| | <u>% Ponderal</u> |
|----------------------|-------------------|
| Humedad | 44 - 56 |
| Cenizas | 8 - 16 |
| Volátiles | 19 - 26 |
| Azufre | 0,9 - 2,5 |
| P.c.i. kcal/kg | 1.500 - 1.970 |

Análisis de cenizas

| | <u>% Ponderal</u> |
|--------------------------------------|-------------------|
| Si O ₂ | 49,39 |
| Al ₂ O ₃ | 18,53 |
| Fe ₂ O ₃ | 8,17 |
| Mg O | 2,43 |
| Ce O | 10,52 |
| Na ₂ O | 0,74 |
| K ₂ O | 0,51 |
| Ti O ₂ | 0,70 |
| S O ₃ | 7,64 |
| Temperatura de reblandecimiento °C | 1.275 |
| Temperatura de fluidez °C | 1.350 |

Como se ve, ni en el análisis inmediato ni en el análisis elemental se cierra la cuenta al 100 %, error que se trata de subsanar al hacer el replanteo del carbón consumido el año 1982.

Los contenidos de azufre del fueloil y el gasoleo son, respectivamente, del 2,6 % y el 0,9 %.

5.2.4 Combustibles consumidos

En los Cuadros 67 y 68 se ve la evolución de los lignitos adquiridos y consumidos, que por tratarse de un nuevo suministrador están muy equilibrados y que sobrepasan la demanda esperada.

En el Cuadro 69 se ve la evolución de consumo de fueloil. Destaca el año 1980, en que se hicieron las primeras pruebas de la central, que

CUADRO 67

CENTRAL TERMICA: M E I R A M A

Carbón Adquirido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| <u>Lignito Pardo Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | 52,90 | 52,50 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 27,50 | 34,40 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | 39,10 | 38,60 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | 2.074 | 1.931 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | 3.656.011 | 4.600.213 |
| <u>Lignito Pardo Importado</u> | | | | | | | | |
| Humedad % | - | - | - | - | - | - | - | 7,60 |
| Cenizas s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 13,70 |
| Volátiles s.m.s. % | - | - | - | - | - | - | - | 31,30 |
| P.C.S. kcal/kg | - | - | - | - | - | - | - | 6.800 |
| Cantidad t | - | - | - | - | - | - | - | 25.903 |

Fuente: O F I C O.

CUADRO 68

CENTRAL TERMICA: M E I R A M A

Carbón Consumido

| A Ñ O S | 1.976 | 1.977 | 1.978 | 1.979 | 1.980 | 1.981 | 1.982 | 1.983 |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| <u>Lignito Pardo Nacional</u> | | | | | | | | |
| Humedad | % | - | - | - | - | - | 52,90 | 52,50 |
| Cenizas s.m.s. | % | - | - | - | - | - | 27,70 | 34,30 |
| Volátiles s.m.s. | % | - | - | - | - | - | 39,40 | 38,60 |
| P.C.S. | kcal/kg | - | - | - | - | - | 2.074 | 1.971 |
| Cantidad | t | - | - | - | - | - | 3.654.931 | 4.555.551 |
| <u>Lignito Pardo Importado</u> | | | | | | | | |
| Humedad | % | - | - | - | - | - | - | 7,60 |
| Cenizas s.m.s. | % | - | - | - | - | - | - | 13,80 |
| Volátiles s.m.s. | % | - | - | - | - | - | - | 27,00 |
| P.C.S. | kcal/kg | - | - | - | - | - | - | 5.698 |
| Cantidad | t | - | - | - | - | - | - | 8.185 |

Fuente: O F I C O.

C U A D R O 69

CENTRAL TERMICA: M E I R A M A

Combustibles líquidos consumidos

| A Ñ O S | FUEL - OIL t | GASOLEOS t |
|---------|-----------------|---------------|
| 1974 | - | - |
| 1975 | - | - |
| 1976 | - | - |
| 1977 | - | - |
| 1978 | - | - |
| 1979 | - | - |
| 1980 | 350.351 | 1.301 |
| 1981 | 65.870 | 2.178 |
| 1982 | 19.204 | 1.524 |

Fuente: Instituto Nacional de Hidrocarburos.

de acuerdo con los partes de OFICO no empezó a consumir carbón hasta el año 1982.

5.2.5 Nivel de emisiones

El nivel de emisiones fijado a esta central es el de 350 mg/m³ N en partículas y de 900 mg/m³ N en emisiones de SO₂.

5.2.5.1 Humos

En el proyecto, y partiendo de los datos defectuosos antes apuntados, se llega a la siguiente composición de gases:

| Componente | kg/kg lignito bruto | % | m ³ /kg lignito bruto | % |
|------------------|---------------------|-------|----------------------------------|-------|
| CO ₂ | 0,9907 | 18,77 | 0,5010 | 11,94 |
| SO ₂ | 0,0184 | 0,35 | 0,0063 | 0,15 |
| H ₂ O | 0,6737 | 12,76 | 0,8379 | 19,97 |
| O ₂ | 0,2227 | 4,22 | 0,1558 | 3,71 |
| N ₂ | 3,3723 | 63,90 | 2,6957 | 69,23 |
| Totales | 5,2778 | - | 4,1967 | - |

$$\text{Densidad de humos del proyecto} = \frac{5,2778}{4,1967} = 1,258 \text{ kg/m}^3 \text{ N.}$$

Las emisiones de humos durante el año 1982, después de realizados los ajustes necesarios, tanto en el carbón de diseño como en el que resulta de los datos de OFICO, se deducen de los cálculos que siguen a continuación.

℅ Ponderal

| Análisis elemental: | Lignito diseño Memoria 1978 ajustada | Lignito consumido dato elaborado |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Carbono (C) | 55,09) | 48,80) |
| Hidrógeno (H ₂) | 3,93) | 3,48) |
| Oxígeno (O ₂) | 18,90) | 16,74) |
| Nitrógeno (N ₂) | 0,59) | 0,52) |
| Azufre (S) | 2,65) | 2,76) |
| Cenizas | 18,84) | 27,70) |
| Humedad | - | 52,90 |
| | Σ = 100 | Σ = 100 |

CO₂ en humos:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot 0,4880 = 1,789 \text{ kg CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{CO_2} = \frac{22,4}{12} \cdot 0,4880 = 0,911 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

SO₂ en humos:

$$P_{SO_2} = \frac{64}{32} \cdot 0,0276 = 0,055 \text{ kg SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{SO_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,0276 = 0,019 \text{ m}^3 \text{ SO}_2/\text{kg lignito seco.}$$

O₂ en humos:

$$O_2 \text{ aporta} = \left(\frac{32}{12} \cdot 0,488 + \frac{32}{32} \cdot 0,0276 + \frac{16}{2} \cdot 0,348 - 0,1674 \right) = 1,440 \text{ k O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

Exceso de aire 28 ℅.

$$P_{O_2} = 1,440 \cdot 0,28 = 0,403 \text{ kg O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot 0,403 = 0,282 \text{ m}^3 \text{ O}_2/\text{kg lignito seco.}$$

H₂O en humos:

$$\text{Agua aportada por el combustible} = \frac{52,90}{47,10} = 1,123 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

Agua producida por la combustión del H₂:

$$\frac{18}{2} \cdot 0,0348 = 0,313 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 1,123 + 0,313 = 1,436 \text{ kg H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \cdot 1,436 = 1,787 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O/kg lignito seco.}$$

N₂ en humos:

$$P_{\text{N}_2} = 0,0052 + 0,77 \cdot \frac{1,28}{0,23} \cdot 1,440 = 6,176 \text{ kg N}_2/\text{kg lignito seco.}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{22,4}{28} \cdot 6,176 = 4,941 \text{ m}^3 \text{ N}_2/\text{kg lignito seco.}$$

El cuadro de composición de humos será el siguiente:

| Componente | kg/kg lignito seco | % | m ³ /kg lignito seco | % |
|------------------|--------------------|-------|---------------------------------|-------|
| CO ₂ | 1,789 | 18,15 | 0,911 | 11,47 |
| SO ₂ | 0,055 | 0,56 | 0,019 | 0,24 |
| H ₂ O | 1,436 | 14,56 | 1,787 | 22,51 |
| O ₂ | 0,403 | 4,09 | 0,282 | 3,55 |
| N ₂ | 6,176 | 62,64 | 4,941 | 62,23 |
| Totales | 9,859 | - | 7,940 | - |

$$\text{Densidad de humos} = \frac{9,859}{7,940} = 1,242 \text{ kg /m}^3 \text{ N}$$

Estas cifras difieren de las encontradas en el Proyecto, pero hay que tener en cuenta que se parte de carbón seco, y que al totalizar por el carbón seco quemado estas diferencias desaparecen.

5.2.5.2 Partículas

En el Proyecto, partiendo de un contenido en cenizas del carbón bruto del 9,24 % y una emisión de 4,197 m³ N por kg de carbón bruto, se llega a un nivel de emisión de partículas de 132 mg/m³ N de humos, por debajo de los 200 admitidos.

En los cálculos que siguen se ha supuesto una distribución de partículas del 15 %, 5 % y 20 %, siendo esta última la proporción del total de cenizas que entran en el precipitador electrostático que tiene un rendimiento del 99,5 %.

En el Cuadro 70 se recogen las emisiones de gases y partículas del año 1982.

De acuerdo con esto, la emisión media anual de partículas fué:

$$60,5 \cdot 10^3 / 441,918 = 137 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$$

muy similar a la del Proyecto.

5.2.5.3 Gases sulfurosos

En el Proyecto se supone que sólo el 71 % del azufre contenido en el carbón pasa a la atmósfera. En estas condiciones se establece que el nivel de emisión de SO₂ es sólo 4.398,86 mg SO₂/m³ N humos, inferior a los 9.000 mg autorizados.

En este trabajo se prescinde de este supuesto y, por tanto, la emisión de SO₂ a la atmósfera, partiendo de un contenido de azufre del 2,76 % sobre lignito seco y del 2,6 % y 0,9 % para el fueloil y gasoleo, respectivamente, será:

2 (1.721.473 · 0,0276 + 19.204 · 0,026 + 1.524 · 0,009) = 96.051 t SO₂/año; el nivel de emisiones será, por tanto:

$$96.051 \cdot 10^9 / 31.536 \cdot 10^3 = 3,045.757 \text{ mg SO}_2/\text{segundo}$$

y la emisión en volumen será:

CUADRO 70
CENTRAL TERMICA METRAMA

DAIOS CORRESPONDIENTES AL AÑO 1982

| CONCEPTOS | GRUPO I | | | | |
|--|----------------------------------|---------------|----------|---------|------------|
| | MWe | LIGNITO PARDO | FUEL-OIL | GASOLEO | S U M A |
| POTENCIA | | | | | 550 |
| COMBUSTIBLE EMPLEADO | | | | | |
| Consumo anual combustible (1) | 10 ³ t | 3.654,931 | 19,204 | 1,524 | |
| Humedad (1) | % | 52,9 | - | - | |
| Consumo anual sobre seco | 10 ³ t | 1.721,473 | - | - | |
| Contenido en cenizas sobre seco (1) | % | 27,7 | - | - | |
| Escorias y cenizas volantes generadas | 10 ³ t | 476,848 | - | - | |
| 15 % Escorias | 10 ³ t | 71,527 | - | - | |
| 5 % C.V. tolvas economizador | 10 ³ t | 23,843 | - | - | |
| 80 % que entran en precipitador electrostático | 10 ³ t | 381,478 | - | - | 381,478 |
| Rendimiento del precipitador electrostático | % | 99,5 | - | - | 99,5 |
| Particulas que salen por la chimenea | Kg | 1.907.390 | - | - | 1.907.390 |
| Emisión de particulas (3) | gr/s | 60,5 | - | - | 60,5 |
| Gases de combustión (4) | m ³ N 1 Kg. carbón | 7,940 | 12,921 | | |
| Volumen de humos producidos en 1 año | 10 ⁶ m ³ N | 13.668,496 | 267,826 | | 13.936,322 |
| Caudal de humos (3) | m ³ N/s | | | | 441,918 |
| Nº de chimeneas | u | | 1 | | |
| Altura de la chámenea | m | | 200 | | |

(1) Datos partes de OFICO y del I.N. de Hidrocarburos.

(2) 1 año: 31.536 . 10³ segundos.

$$3.045.757 / 441,918 = 6.892 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3 \text{ N}$$

que es inferior al límite admitido.

Para el control del nivel de emisiones de SO_2 se empleará un monitor continuo y automático de gases de chimenea.

Para partículas sólidas se empleará un monitor automático de reflexión con salida a registrador.

Comprobación con sonda isocinética del rendimiento de los precipitadores electrostáticos.

5.2.6 Nivel de inmisiones

Se prevé la red de 12 estaciones distribuidoras en tres círculos de 1, 3 y 8 km de radio en derredor de la central con los siguientes - controles:

SO_2 - Muestreos automáticos autocalibrables.

Polvo en suspensión - Muestreador óptico.

Polvo sedimentable - Colector autorizado por el MINER.

Metereología - Torre equipada con sensores a diferentes niveles para determinar el microclima.

6. CONCLUSIONES

Como se decía al principio de este trabajo, sólo se ha tratado de preparar una exposición ordenada, aunque algunas veces incompleta, de las características más destacadas de las centrales térmicas de servicio público cuya base de alimentación son los combustibles sólidos.

Sería, pues, muy arriesgado y tal vez injusto para muchas de ellas, el hacer consideraciones críticas sobre sus condiciones de trabajo y el mayor o menor acierto de las medidas adoptadas para minimizar las emisiones contaminantes.

Por otra parte, al estudiar éstas, sólo se ha tenido en cuenta lo previsto en la Legislación vigente sobre partículas y gases sulfurosos, pero nada se ha recogido sobre las emisiones de oligoelementos y metales pesados, así como de vapores nitrosos tan relacionados con el exceso de aire de combustión.

Por este motivo, tampoco se ha querido agrupar en un cuadro comparativo, que abarcase a todas las centrales, las características de sus instalaciones y de sus emisiones.

Sin embargo, si de este trabajo se pudieran sacar algunas conclusiones muy generales, éstas serían las siguientes:

- a) Todas las centrales de la nueva generación y algunas de las antiguas en que se han instalado nuevos precipitadores electrostáticos, cumplen ampliamente las condiciones de emisión de partículas.

Queda alguna antigua, en que por encontrarse ya en un período muy avanzado de su vida útil, y estar además emplazada en zona de escasa población, pudiera resultar totalmente antieconómico la instalación de nuevos separadores.

- b) El problema de emisiones sulfurosas parece reducirse a aquellas centrales que queman exclusivamente lignitos, sean éstos negros o pardos.

El hacer marchar estas centrales con el 100 % de lignito y a plena carga, hace que se rebasen ampliamente los límites de emisión autorizados por muy generosos que sean éstos.

Para las centrales que queman lignito negro, este problema puede resolverse en parte, con la aportación hasta ciertos límites de otros combustibles sólidos de menor contenido de azufre.

La combustión con gas natural hasta un 25 % de la carga de una de las calderas, puede ser una solución que palie en parte el problema, aunque suponga el reducir la producción para el conjunto de la central.

En las calderas que queman lignito pardo esta solución no es abordable, como tampoco lo es la de emplear lignito de importación de muy bajo contenido de azufre. La solución de quemar en estas calderas una mezcla de lignito y hullas altas de volátiles, ha sido estudiada, pero aún no puesta en práctica, pero que se estima mejoraría las condiciones de marcha de la central tanto desde el punto de vista de emisiones, como el de consumo específico de combustible.

- c) Las instalaciones de control de emisiones son en su mayoría de mediciones volumétricas, de acuerdo a las condiciones impuestas en la Legislación vigente.

Sin embargo, el juego con el exceso de aire en la combustión puede enmascarar los resultados para partículas y gases sulfurosos, pero introduce el problema de emisiones de óxidos nitrosos.

Sería de desear que la Administración fijase unas normas concretas sobre la forma, lugar, periodicidad y condiciones de marcha de la central en que deban realizarse estas mediciones, y que éstas sean tanto de tipo volumétrico como gravimétrico.

- d) Aunque sabemos que ya está en estudio, se hace necesario el conocer con mayor precisión y para períodos más cortos de tiempo que los anuales, los análisis inmediatos y composiciones elementales de los combustibles quemados durante ese período, sean estos sólidos, líquidos o gaseosos.

A P É N D I C E

TECNOLOGIAS DE DESULFURACION DE HUMOS

EN CENTRALES TERMICAS

TECNOLOGIAS DE DESULFURACION EN LOS HUMOS DE CENTRALES TERMICAS

Los problemas ecológicos que plantea el exceso de contenido de SO_x en los humos de centrales térmicas, imponen la adopción de medidas correctoras de la situación actual, en especial en aquellas que utilizan carbones, que como los lignitos negros, tienen en general un gran contenido de azufre.

Aunque la solución de instalar chimeneas de gran altura que - hoy día se aplica, permite el reducir el nivel de inmisiones, no se puede evitar sin embargo, el que con determinadas condiciones atmosféricas, se - sobrepasen los niveles reglamentariamente autorizados y menos aún en el caso en que estos niveles se plantearan con criterios más restrictivos.

Por eso, son muchas las tecnologías hoy en estudio o en proceso de aplicación, orientados a atacar el problema en su origen, es decir a reducir el nivel de emisiones de gases sulfurosos.

Descartada la posible eliminación previa del azufre en el combustible por medio de un proceso de lavado del carbón por vía húmeda o seca, sobre todo como cuando en el lignito, aquel esté combinado en forma de azufre orgánico, los estudios deben orientarse a conseguir una eliminación lo más económica posible, aunque siempre muy onerosa, de este azufre en su forma gaseosa antes de que escape por la chimenea.

A continuación se exponen las líneas generales de tres tecnologías de posible aplicación y ello en orden decreciente de dificultad para la reconversión de los actuales equipos de calderas que son:

- Combustión en lecho fluidificado
- Gasificación previa del carbón
- Desulfuración por vía seca o húmeda de los humos.

1 - COMBUSTION EN LECHO FLUIDIFICADO

Es una tecnología que es objeto de numerosos estudios, y de la que se esperan grandes resultados, aunque su implantación o nivel comercial no se preve que pueda realizarse hasta la década de los 90.

En una caldera de lecho fluidificado se hace pasar el aire a través de una rejilla que soporta un lecho (1 a 2 m.) inerte de cenizas y caliza, y al mismo tiempo se inyecta una mezcla de carbón y caliza o mejor dolomia triturados. El aire

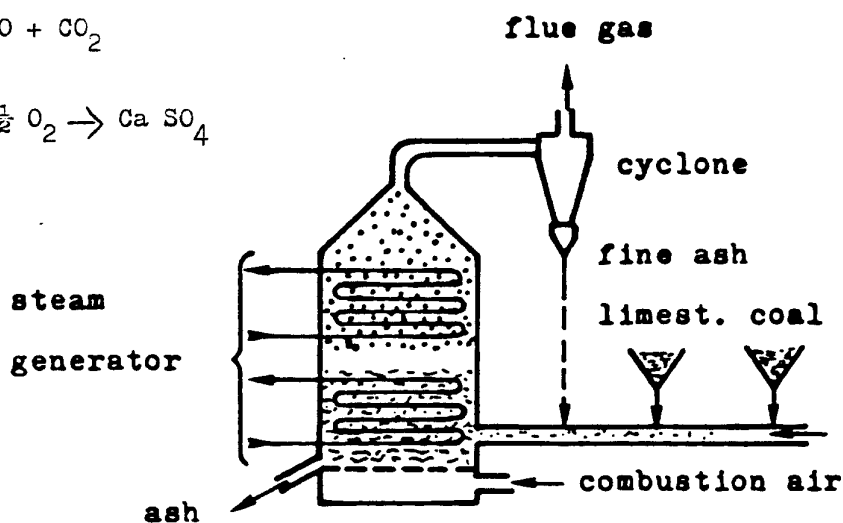
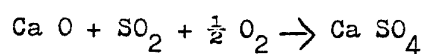
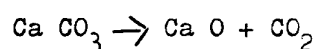


Figure 1 : Fluidized Bed Boiler

eleva y mantiene en suspensión las partículas, y al mismo tiempo sirve de airecomburente. Los tubos de la caldera pueden quedar embebidos en el lecho, sin sufrir perjuicio, porque la temperatura de este es de unos 850°.

La caliza inyectada se transforma en cal viva e inmediatamente

reacciona con el SO_2 y el oxígeno para precipitarse en forma de sulfato cálcico al lecho de cenizas.

Teóricamente la desulfuración puede alcanzar el 95% pero en la práctica ello depende del tamaño y reactividad de los granos de caliza (1 a 3 mm) inyectados y también de la temperatura que no debe exceder de la apuntada para que no haya un proceso de cristalización de la cal lo que la haría inerte.

Otro factor que influye en el proceso es la presión a que se realiza la combustión, ya que al elevarse ésta se retrasa la calcinación, por lo que es mejor la dolomía que calcina a temperaturas más bajas.

Esta influencia de la presión de trabajo, ha determinado que se sigan dos vías paralelas para estos tipos de calderas. Las (AFB) lecho atmosférico y las (PFB) lecho a presión.

Con las primeras la velocidad del aire inyectado es del orden de 1 m/segundo por lo que en la superficie del lecho solo se aprecia un ligero burbujeo, mientras que en las segundas las velocidades alcanzan los 3 m/segundo, y hay arrastre de partículas que después deben ser recuperadas en un ciclón y recicladas y que también se denominan (CFB) o de lechos fluidos circulantes. Con este segundo método se puede trabajar en ciclo combinado, turbina gas - turbina de vapor, aumentando así la eficiencia del conjunto del sistema. Fig. 2.

Las ventajas más destacadas de las calderas de lecho fluidificado son las siguientes:

- Rebajar el contenido de SO_2 de los humos.
- Adaptabilidad a carbones altos en cenizas.
- Reducción en la emisión de NO_x .

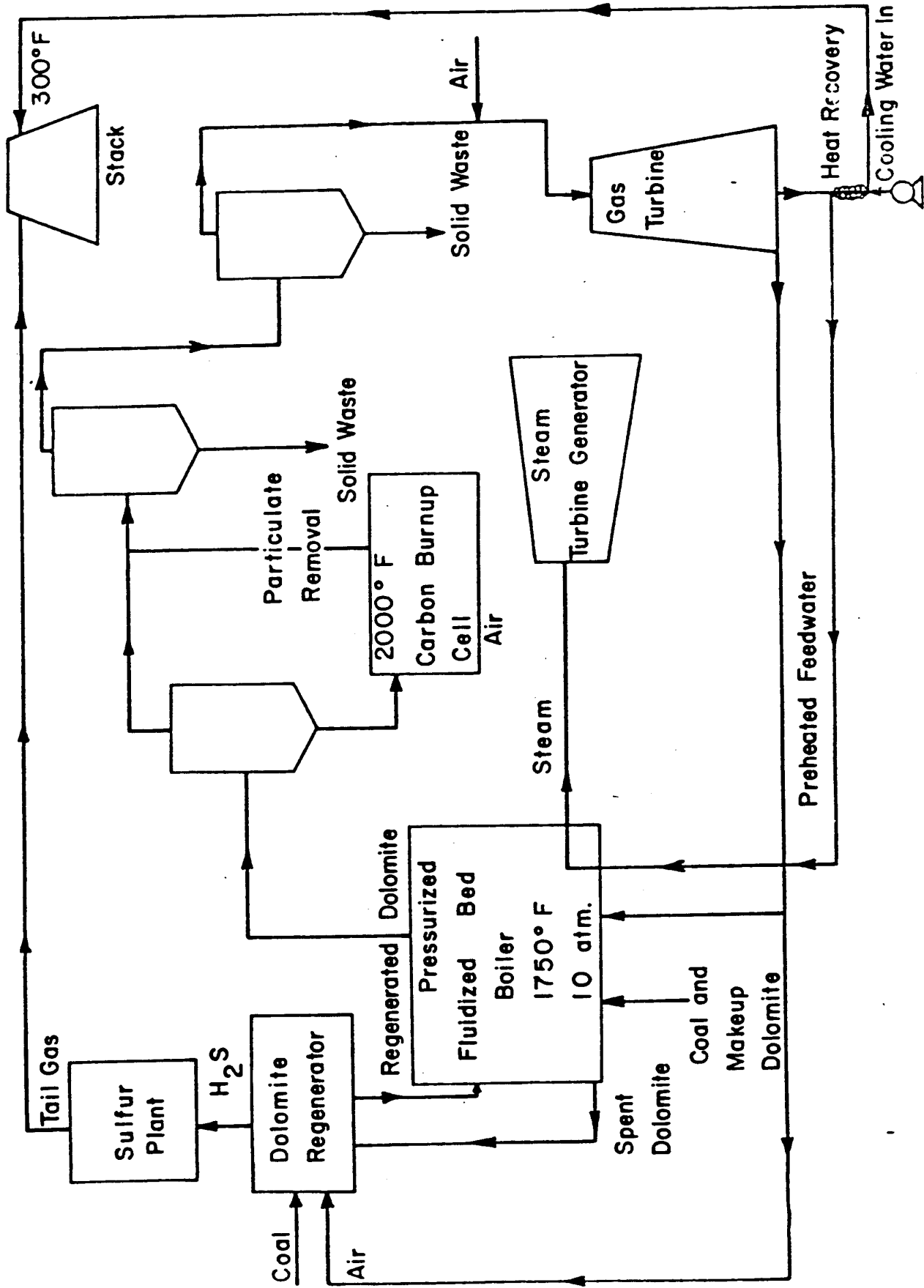


Figure 2 : Westinghouse Pressurized Fluidized Bed Boiler Power Plant

- Mejor transferencia térmica en tubos, y por tanto menor tamaño que su equivalente convencional.
- No hay vaporización de materia mineral inorgánica (uranio de los lignitos de Mequinenza).

Las desventajas pueden ser:

- Mayor inercia que las calderas de carbón pulverizado para el seguimiento de la carga.
- Ciclones y filtros dada la finura de las cenizas volantes.
- Limitación de escala que obliga a diseños modulares para grandes potencias.
- Incertidumbre acerca de la corrosión de los materiales del sobrecalentador para temperaturas altas de vapor.

Hay poca información sobre instalaciones en funcionamiento, -- aparte de un ensayo en Flingern (RFA), con una caldera de 36 MW térmicos -- produciendo sólo vapor y que duró 4.300 horas, y los ensayos de la TVA (EU) en Paduca con una caldera de 20 MW_e, produciendo solo vapor. Estos ensayos se prolongarán empleando una caldera de 200 MW_e en lecho circulante a presión atmosférica, diseñada por Babcock & Wilcox.

La casa Lurgi, en la RFA, está preparando entre otras las siguientes calderas:

- Calderas de 222 t/h para producir 95 MWe en Duisburg
- Planta de cogeneración de 66 t/h para producir 17 MWe y vapor de procesos.
- Caldera de 150 t/h para producir 36 MWe y vapor para calefacción en Flensburg.

En el Cuadro I-A, se resumen los datos técnicos y económicos -- que dentro del plan de Análisis de Sistemas de la AIE, se han previsto para

este tipo de tecnología.

En España, se considera interesante esta tecnología, por lo que ENDESA está tratando con Lurgi la instalación en Escatrón de una caldera para ciclo combinado, utilizando los lignitos de Mequinzenza.

Por su parte ENADIMSA, ha adquirido en E.U. una caldera de una capacidad de 10^6 Kcal/hora, para hacer ensayos experimentales en sus instalaciones, con los lignitos con que se alimenta la térmica de Teruel.

CUADRO 1-A
DATOS TECNICOS Y ECONOMICOS PREVISTOS EN CENTRALES CON CALDERAS DE LECHO FLUIDICADO

| P A I S | POTENCIA PREVISTA | REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO | TIPO DE CALDERA | TIPO DE GENERACION | TIPO DE REFRIGERACION | FECHA PREVISTA EN PRADA EN SERVICIO | PRODUCCION MAXIMA ANUAL DE ENERGIA | DISPONIBILIDAD ANUAL MAXIMA | RENDIMIENTO CONJUNTO A CARGA MEDIA | COSTE DE CAPITAL TOTAL | COSTES DE FUNCIONAMIENTO Y ENTRETENIMIENTO | | | Años | VIDA ECONOMICA |
|----------------|----------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---|-----------------|-----------------|------|----------------|
| | | | | | | | | | | | FIJOS | VARIABLES | TOTALES | | |
| Unidades | Mwe | - | - | - | - | - | GWh | % | % | \$/ KWe Pts/ | \$/ KWh Pts/ | \$/ KWh Pts/ | \$/ KWh Pts/ | | |
| ESTADOS UNIDOS | 600 | BASE | PRESION ATMOSFERICA | CICLO SENCILLO | TORRES TIRO NATURAL | 1993 | 4.059 | 77 | 36,5 | 900 135.000 | 0,0079 1,185 | 0,0047 0,705 | 0,0126 1,890 | 30 | |
| IEA / EAS | 1.000 | BASE | PRESION ATMOSFERICA | CICLO SENCILLO | TORRES TIRO NATURAL | 1990 | 7.006 | 80 | 37,3 | 745,2 111.780 | - | - | 0,0081 1,215 | 30 | |
| SUECIA | 500 | BASE | A PRESION | CICLO SENCILLO | AGUA CO CORRIENTE | 1989 | 3.503 | 80 | 41,0 | 850 127.500 | 0,0027 0,405 | 0,0036 0,540 | 0,0063 0,945 | 25 | |
| ESTADOS UNIDOS | 1.000 | BASE | A PRESION | CICLO COMBINADO | TORRES | 1998 | 6.589 | 75 | 40,6 | 975 146.250 | 0,0063 0,945 | 0,0039 0,585 | 0,0102 1,530 | 30 | |
| IEA / EAS | 1.000 | BASE | A PRESION | CICLO COMBINADO | TORRES | 1995 | 7.006 | 80 | 40,8 | 865 129.750 | - | - | 0,0089 1,335 | 30 | |

\$ = 150 pts.

(1) - Los costes por combustible sólido consumido según los datos de los ocho primeros meses del año, son los siguientes:

Teruel : 5,43 pts

Escatrón : 4,31 pts

que se sumarían a los de funcionamiento y entretenimiento.

CUADRO 1-B

COSTE COMBUSTIBLE POR KWh

Periodo enero-agosto 1983

| | | <u>TERMICA DE PERUJEL</u> | <u>TERMICA DE ESCATRON</u> |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Energia bruta total generada | MWh | 4.857,560 | 260.586 |
| Energia producida con carbón | % | 72,47 | 99,73 |
| Energia bruta generada con carbón | MWh | 3.520,274 | 259.882 |
| Precio tonelada lignito | Pts | 4.222,31 | 4.718,58 |
| Precio tonelada H + A | Pts | 11.431,95 | - |
| Lignito consumido | t | 2.597.522 | 237.658 |
| H + A consumidas | t | 712.155 | - |
| Valor lignito consumido | 10 ⁶ Pts | 10.967 | 1.121 |
| Valor H + A consumidas | 10 ⁶ Pts | <u>8.141</u> | <u>-</u> |
| Valor combustible | 10 ⁶ Pts | 19.108 | 1.121 |
| Coste | Pts/KWh | 5,43 | 4,31 |

2 - GASIFICACION PREVIA DEL CARBON

Las tecnologías que actualmente se utilizan en la gasificación del carbón, se orientan a obtener tres tipos de gas que escalonados según sus poderes caloríficos son los siguientes:

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| Gas pobre | < 2.389 Kcal/Nm ³ |
| Gas medio | 2.389 / 5.972 Kcal/Nm ³ |
| Gas natural de síntesis | 8.361 /10.034 Kcal/Nm ³ |

El proceso de obtención de los gases medios se realiza en dos fases. La primera es la de preparación del carbón que comprende su secado y molienda, y la segunda la de gasificación en gasógeno que incluye también el lavado y depuración del gas bruto.

Las características de los métodos de gasificación difieren unos de otros desde el punto de vista químico y también desde el punto de vista de la ingeniería.

El proceso químico variará según que se inyecte directamente hidrógeno o vapor; aire u oxígeno; y que el caldeo sea directo o inducido.
Fig. 3.

Desde el punto de vista de la ingeniería, los procesos se diferenciarán según se trabaje a presión atmosférica o a sobrepresión, y también varían según el tipo de lecho utilizado, que puede ser fijo, fluidificado, o en arrastre.

La desacidificación y desulfuración del gas bruto es común a todos los métodos y se hace por barrido con agua del CO₂ y precipitación en forma de azufre del SH₂ formado en el lavado a partir del SO₂. Fig. 4.

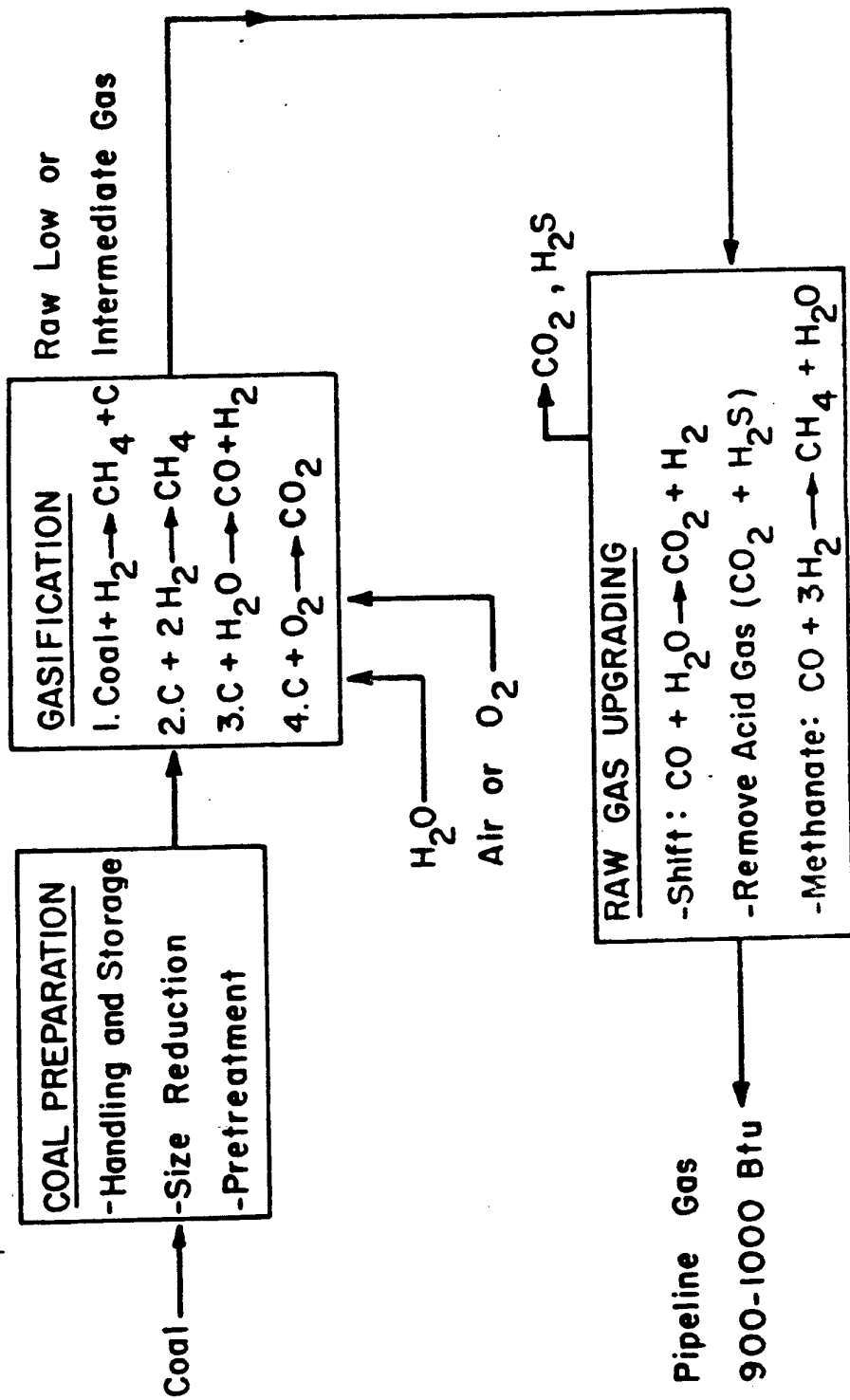
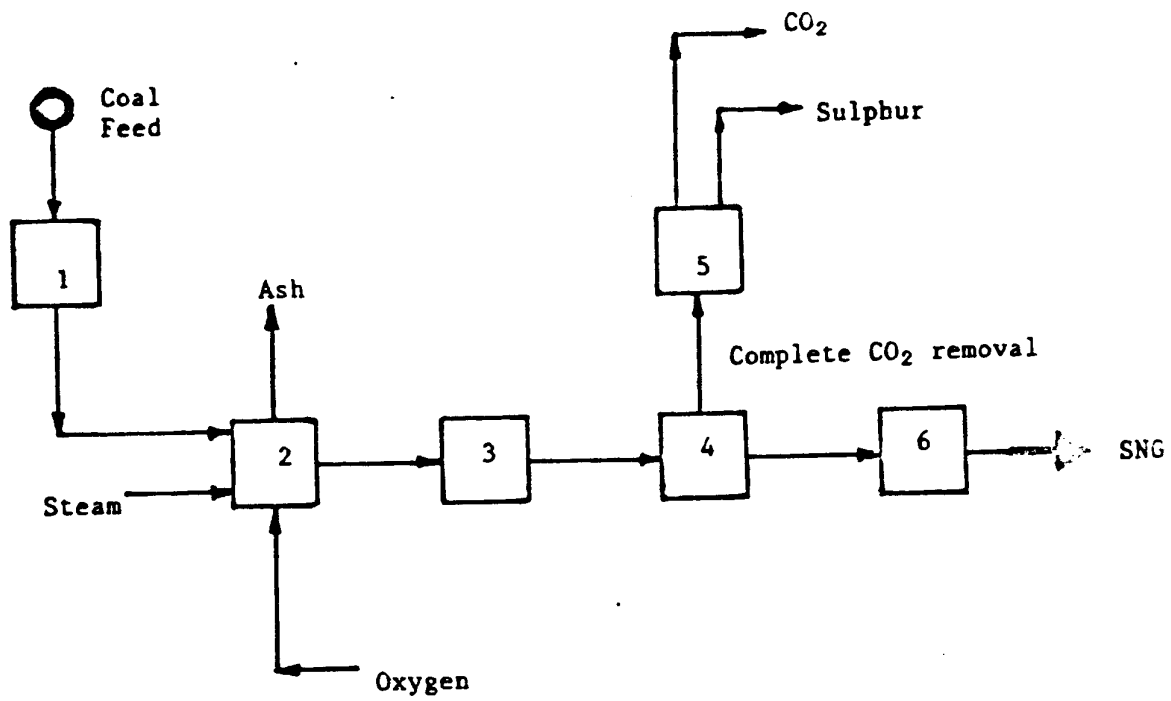
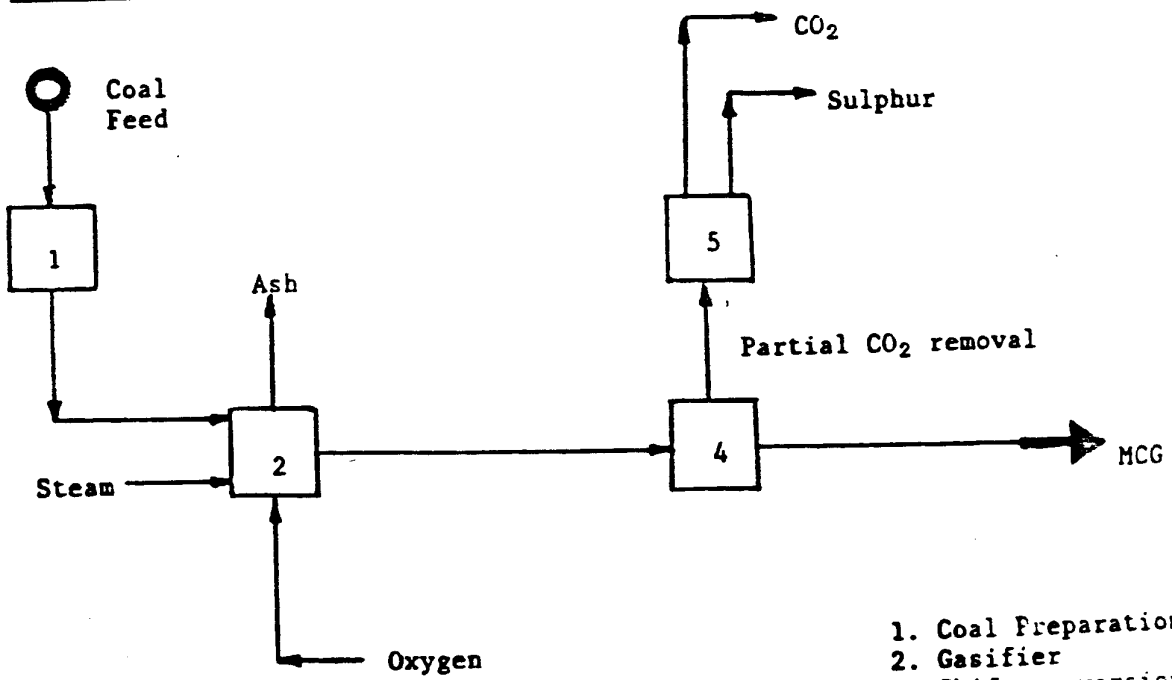


Figure 3: General Process Scheme for Producing Gas from Coal

SNG ProductionMCG Production

1. Coal Preparation
2. Gasifier
3. Shift conversion
4. Acid gas removal
5. Sulphur recovery
6. Methanation

Figure 4.2: SNG and MCG Production

Naturalmente que el tipo de carbones a gasificar, su grado de fusibilidad y el de sus cenizas y contenido de éstas, establecen ciertas restricciones sobre el tipo de gasógeno a emplear, su coste de inversión, gastos de funcionamiento y rendimiento. También la utilización final del gas puede hacer aconsejable emplear sistemas que trabajen a sobrepresión o a la presión atmosférica.

Entre los sistemas en uso o investigación figuran los del Cuadro 2, que es un resumen de las características técnicas de aquellos que se han tenido en cuenta por la AIE, en la previsión de caracterizaciones del modelo MARKAL.

El sistema KOPPERS-TOTZEK, se emplea en Alemania desde los años cincuenta en la producción de amoniaco. El carbón pulverizado es arrastrado en una corriente de oxígeno y vapor a presión atmosférica y trabaja a una temperatura de 1.600/1.900°C. El gas de 2.628 Kcal/Nm³ producido sale por la parte superior del gasógeno y las cenizas fundidas se eliminan por la parte inferior.

Sus ventajas son la de presentar un buen historial de seguridad, el haber gasificado tanto hullas como lignitos, no ser muy sensible a las características físicas del carbón y sus cenizas, y su rapidez de arranque y parada.

Sus desventajas es el mal rendimiento térmico, limitación al 10% de la humedad del carbón, y necesidad de comprimir el gas en aquellas utilidades que requieran esta presión, como la de ciclo combinado en producción de energía eléctrica.

El sistema SHELL- KOPPERS, trata de evitar este inconveniente trabajando a una presión de 20 / 40 atmosferas.

DATOS TECNICOS REALES O PREVISTOS EN INSTALACIONES DE GASIFICACION DE CARBON

| PAIS Y SISTEMA | CAPACIDAD PREVISTA | FECHA PREVISTA | ENTRADA EN SERVICIO | PRODUCCION MAXIMA ANUAL DE ENERGIA | DISPONIBILIDAD MAXIMA ANUAL | RENDIMIENTO CONTINUO | CARGA MEDIA | COSTE DE CAPITAL TOTAL | COSTES DE FUNCIONAMIENTO Y ENTRENAMIENTO (1) | | | VIDA ECONOMICA |
|--|------------------------|----------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| | | | | | | | | | FIJOS | VARIABLES | TOTALES | |
| | 10 ⁶ Kcal/a | | | 10 ⁶ Kcal/a | % | % | % | \$ 10 ³ Kcal/a Pts | \$ 10 ³ Kcal/a Pts | \$ 10 ³ Kcal/a Pts | \$ 10 ³ Kcal/a Pts | AÑOS |
| ALEMANIA (KOPPERS - TOTZEK) | 17.655 | | EN SERVICIO | 15.122 | 85,6 | 58,2 | | 0,0615 9,23 | 0,0033 0,50 | 0,0028 0,42 | 0,0061 0,92 | 20 |
| ALEMANIA / BELGICA IEA (SHELL - KOPPERS) | 3.607 | | 1.995 | 3.082 | 85 | 69,1 | | 0,054 8,1. | - | - | 0,0041 0,62 | 20 |
| REINO UNIDO (BRITISH GAS/LURGI) | 15.839 | | 1.985 | 14.334 | 90 | 75 | | 0,0670 10,05 | 0,0017 0,26 | 0,0042 0,63 | 0,0059 0,89 | 20 |
| ESTADOS UNIDOS | 20.306 | | SIN FECHA | 18.276 | 90 | 75 | | 0,0871 13,07 | 0,0029 0,44 | 0,0011 0,16 | 0,0040 0,60 | 0 |

\$ = 150 Pts

(1) - No incluye el combustible

Las primeras pruebas de este sistema se inician en los laboratorios de la SHELL en Ansterdam en una planta capaz para 25t/h, tratando un carbón molido con humedad del 2/8%, temperatura del proceso de 1.500/1.600°C y eliminación de escoria líquida. El destino final del gas es para producción de gas de síntesis y para su aplicación en el ciclo combinado citado.

El gasógeno (BRITISH GAS/LURGI), es una mejora del proceso clásico en atmósfera a presión del gasógeno Lurgi con lecho fijo de parrilla giratoria, que elimine esta y la reemplaza por una trampilla que vierta la escoria líquida sobre una balsa de agua. Esto permite trabajar a una temperatura de 1.500/1.800°C, lo que disminuye la demanda de vapor, se cuadruplica el gasto de gas producido y se consigue una mayor eficiencia térmica. Es muy adecuado para tratar carbones en gran reactividad como el lignito, y por trabajar a presión también es adecuado para su utilización en ciclos combinados.

Del sistema a prueba investigado en los Estados Unidos, no hay datos funcionales, pero se supone que puede ser el de TEXACO, que se alimenta con carbón en forma de pulpa, y trabaja a una presión de 60 Kg/cm² y una temperatura de 1.500°C.

La aplicación de la gasificación previa del carbón que como se ha visto permite alcanzar en muchos casos una desulfuración de los gases de un 90%, tiene además la ventaja de poder utilizar estos en la producción de energía eléctrica en el ciclo combinado turbina de gas - turbina de vapor - cuyas principales ventajas son:

- Elevado rendimiento térmico de 4 a 5 puntos sobre el de centrales convencionales.
- Costes de inversión más bajos que las centrales exclusivas de vapor.
- Corto tiempo de arranque.

- Reducido consumo de agua de refrigeración.
- Corto plazo de entrega de las turbinas.

Como ejemplo de centrales en funcionamiento que utilizan este sistema esta la de KELLERMAN en Lünen (Alemania Federal) de 170 MW, que trabaja con hogar presurizado según el ciclo de la Fig. 5.

Otra alternativa es la empleada en la central de COOL WATER en Dagget (California, E.U.) de 100 MW, con caldera de recuperación. De 1/2 a 2/3 de la energía se generan en la turbina de gas, cuyos gases calientes — son los que se usan para generar vapor en una caldera de recuperación que — alimenta una turbina de vapor. Fig. 6.

La posible aplicación de la gasificación del carbón para la generación de energía eléctrica queda recogida en las Fig. 7 y 8. Sin embargo hay que hacer la salvedad de que la gasificación no integrada sólo se puede aplicar a centrales en servicio que queman fuel o gas pero no a las de carbón.

Estas últimas exigen una reconversión tan importante que desde el punto de vista económico no presenta muchas perspectivas el hacerlo.

Según estudios de economicidad en cuanto a rendimientos realizados por la AIE, el lugar ocupado por los sistemas de ciclo combinado dentro de las técnicas de generación de energía eléctrica que utilizan carbón es — el siguiente:

| | |
|--|---------|
| Central de carbón convencional | 35,38 % |
| Central de carbón convencional con sistema de desulfuración de gases | 31,33 % |
| Caldera de lecho fluidificado atmosférico con ciclo de vapor | 35,37 % |
| Caldera de lecho fluidificado a presión con ciclo combinado | 38,42 % |

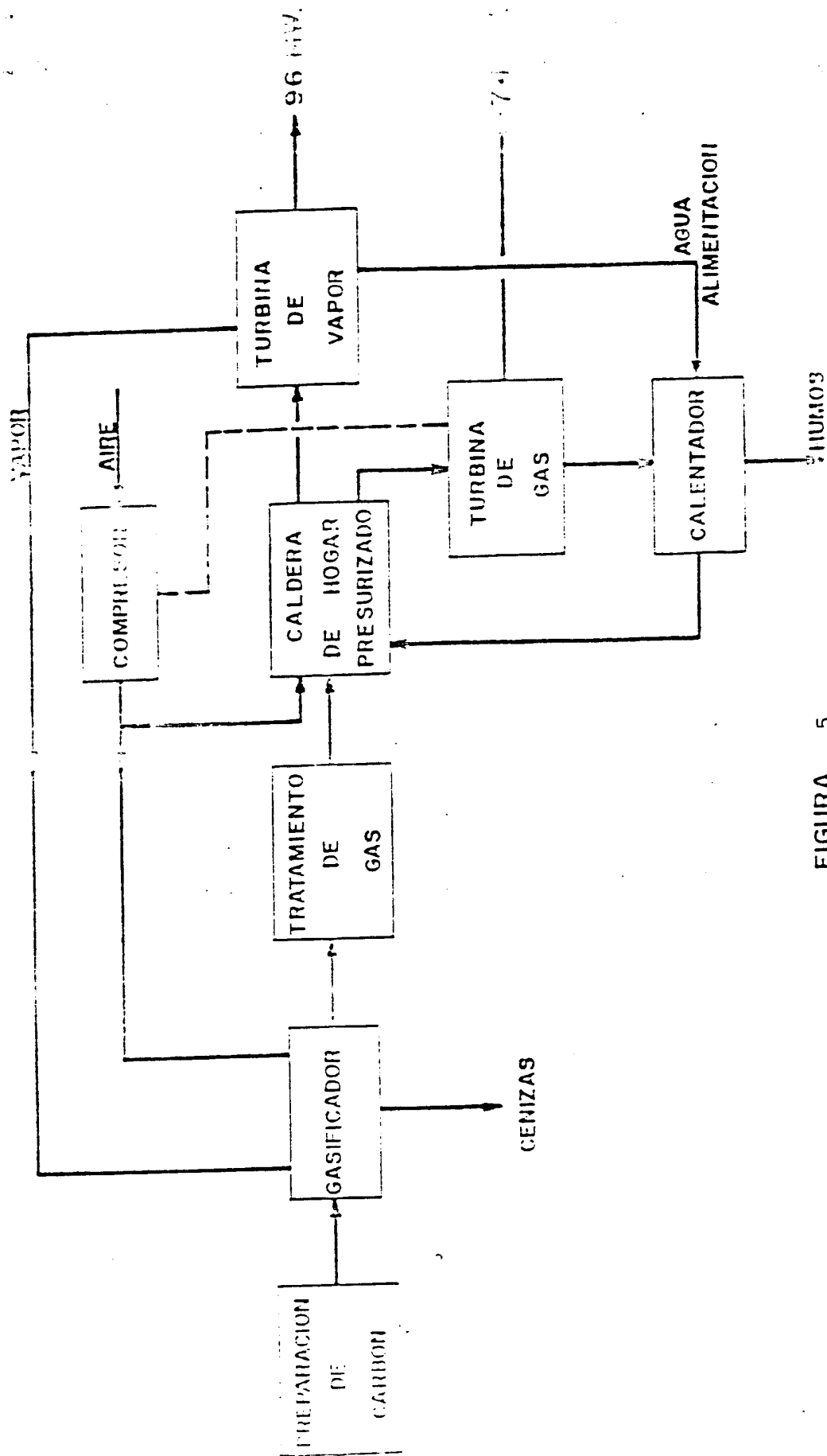


FIGURA 5

CENTRAL DE KELLERMAN-LÜNNER (ALEMANIA)
 DE TIPO DE DIÓXIDOS SIMPLICADO.

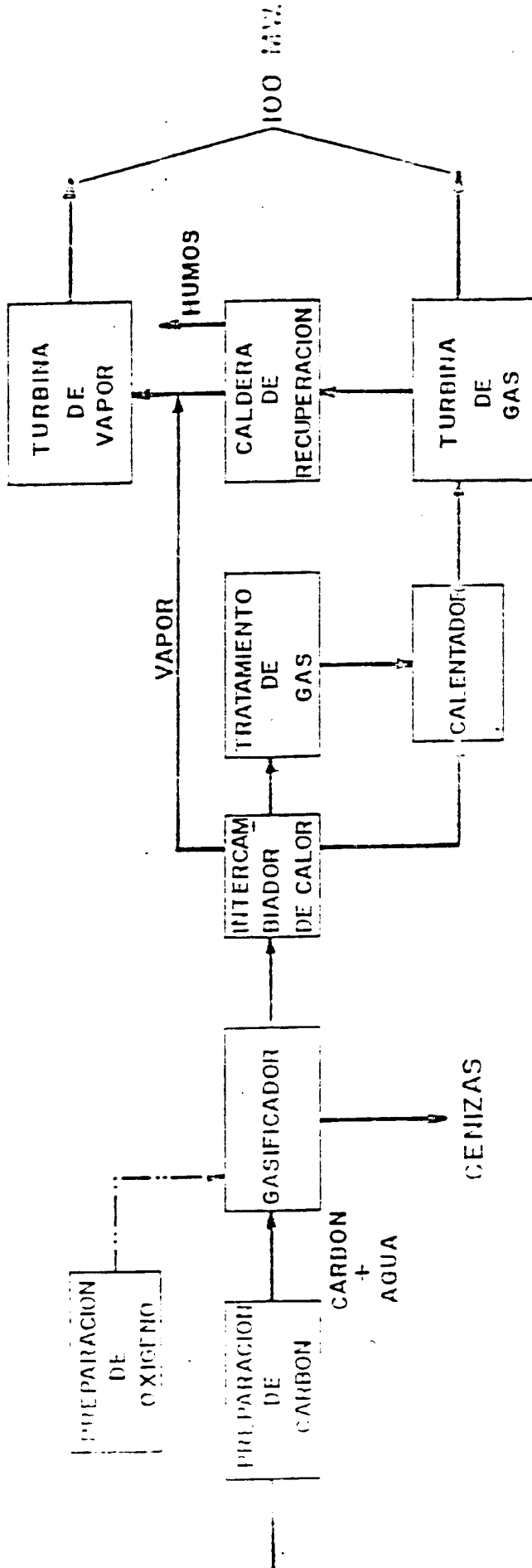


FIGURA 6

CENTRAL DE GAS WATER (E.C.G.U.)
DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

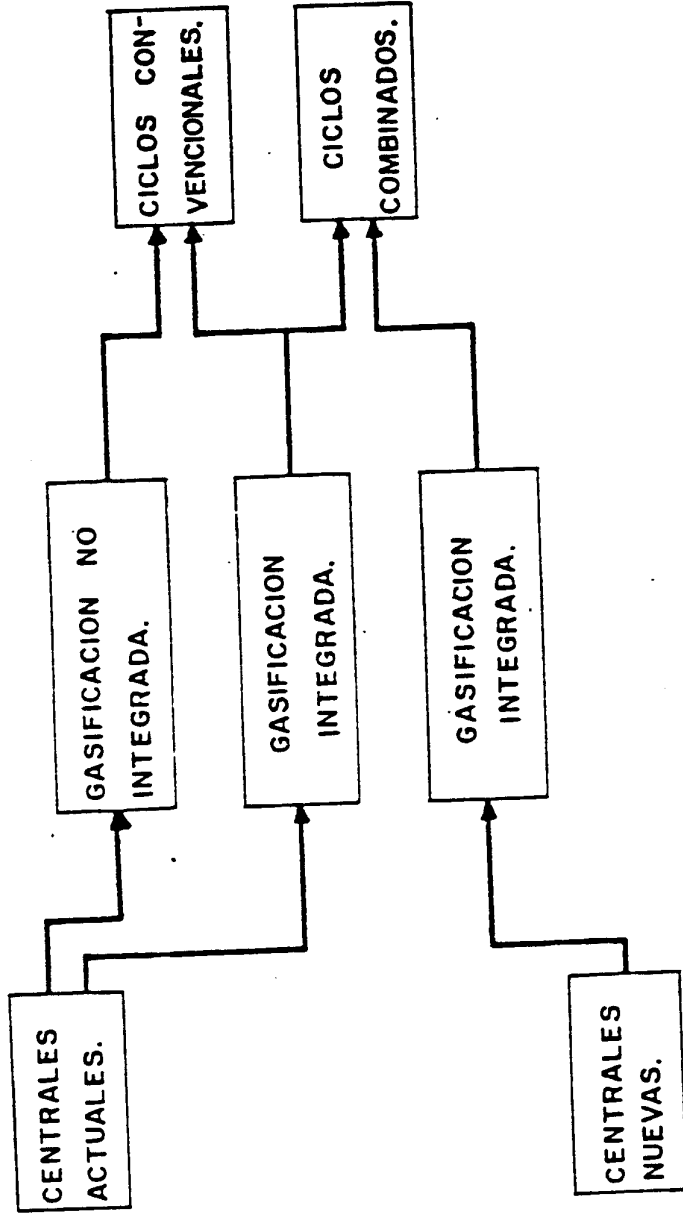


FIGURA 7.

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA
CON GASIFICACION DE CARBON



A.- GASIFICACION NO INTEGRADA



B.- GASIFICACION INTEGRADA

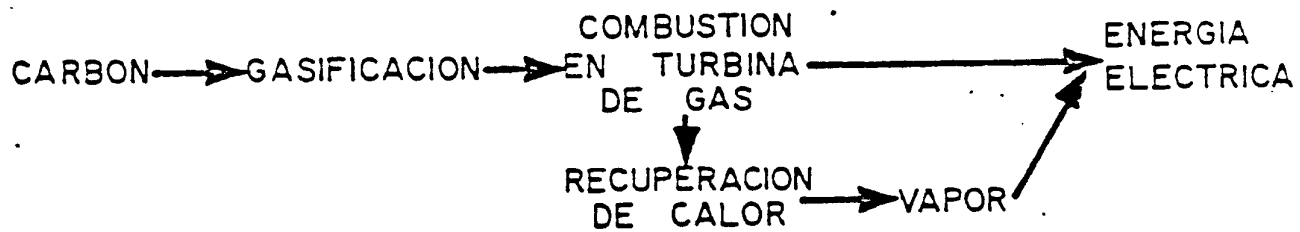
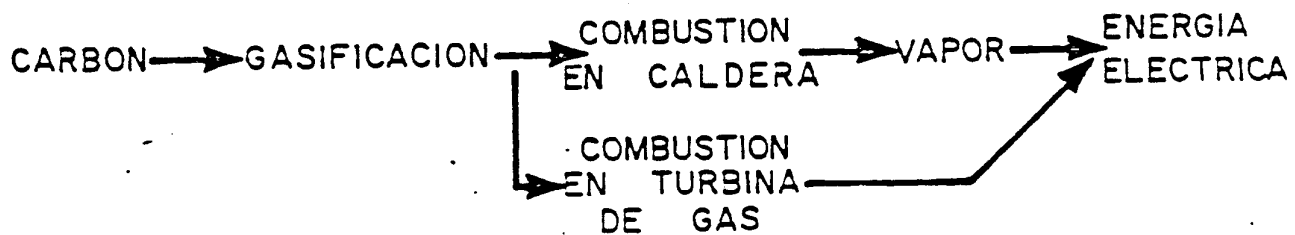
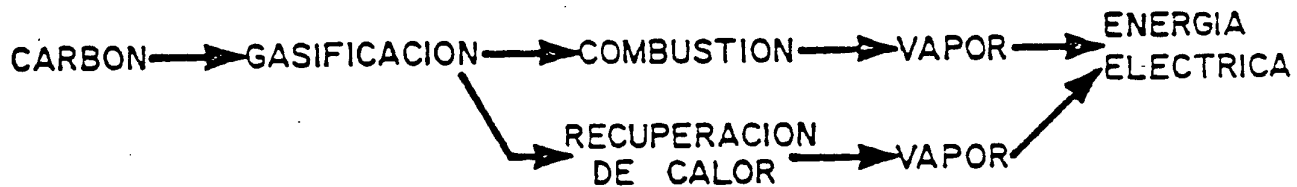


FIGURA 8.

ADAPTACION DE CENTRALES EXISTENTES

Gasificación de carbón con ciclo combinado.

39,43%

En el estudio realizado por INITEC sobre posible aplicación de este sistema a renovación de la central térmica de ESCAFROK, se han considerado seis hipótesis de trabajo partiendo de la utilización del sistema - KOPPARS-TOPZIK (Fig. 9 y 10) y cuatro partiendo del LURNI (Fig. 11 y 12), cuyo detalle omitimos y nos referimos a su consulta en dicho estudio, pero cuyos resultados finales en costes de producción y recuperación de subproductos figura en los Cuadros 3 y 4.

**FIG. 9.- PROCESO KOPPERS - TOTZEK
INTEGRACION CON CICLO VAPOR ESCATRON**

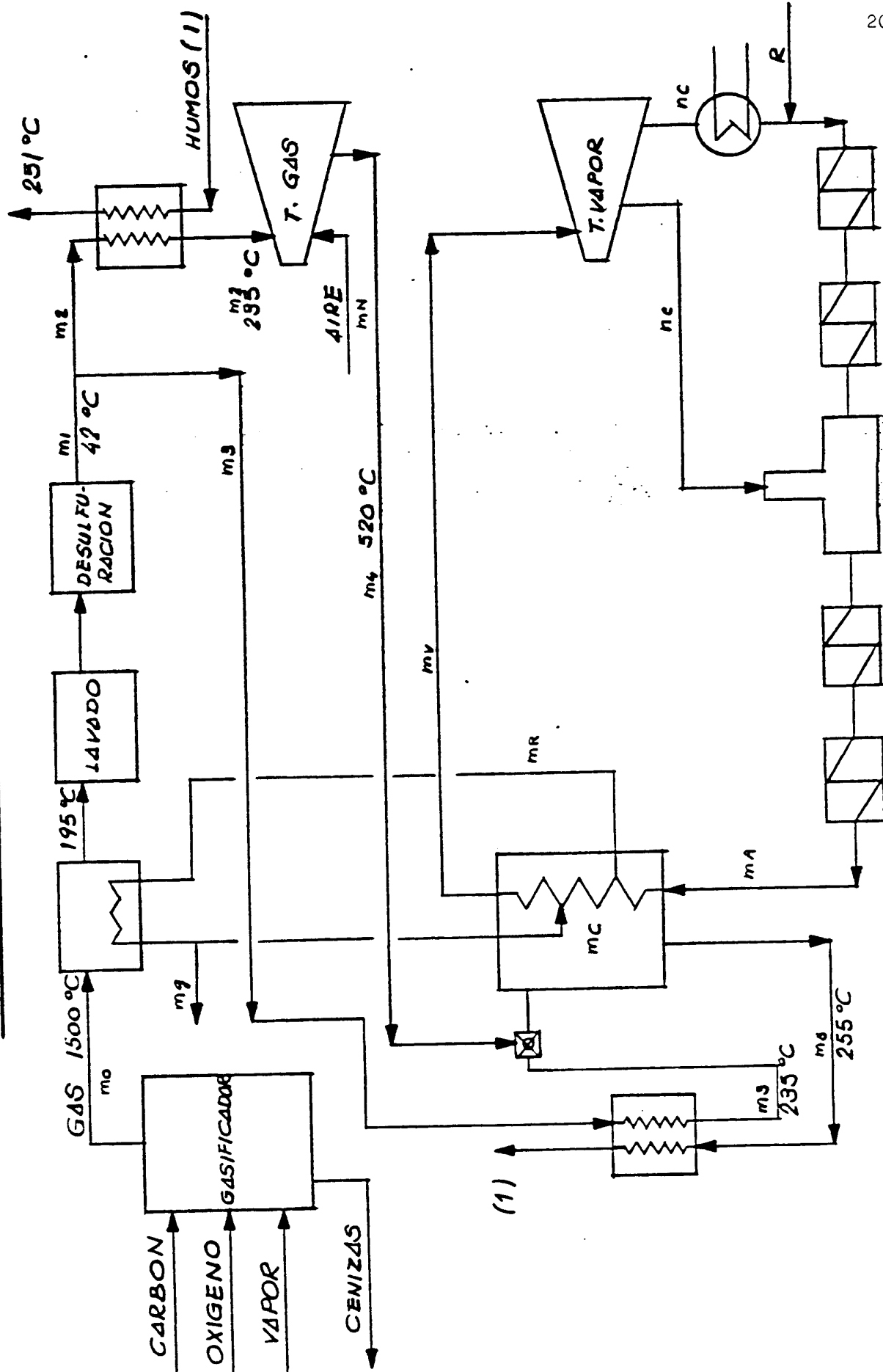


FIG. 10 PROCESO KOPPERS-TOIZER
 INTEGRACION CON TURBINA VAPOR ESCATRUM

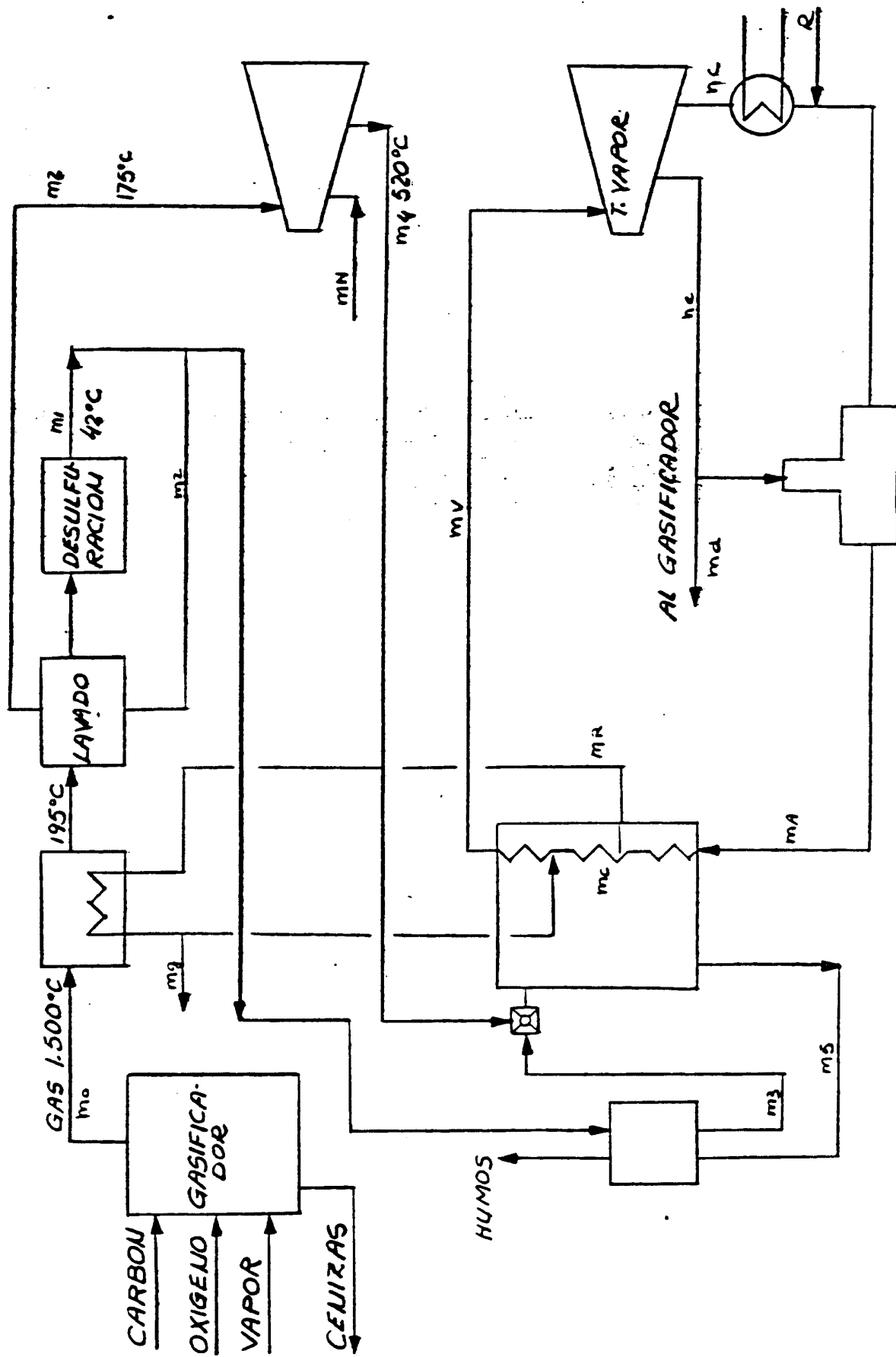


FIG. 11 PROCESO LUNGI
 COMBUSTION ADICIONAL EN CALDEERA

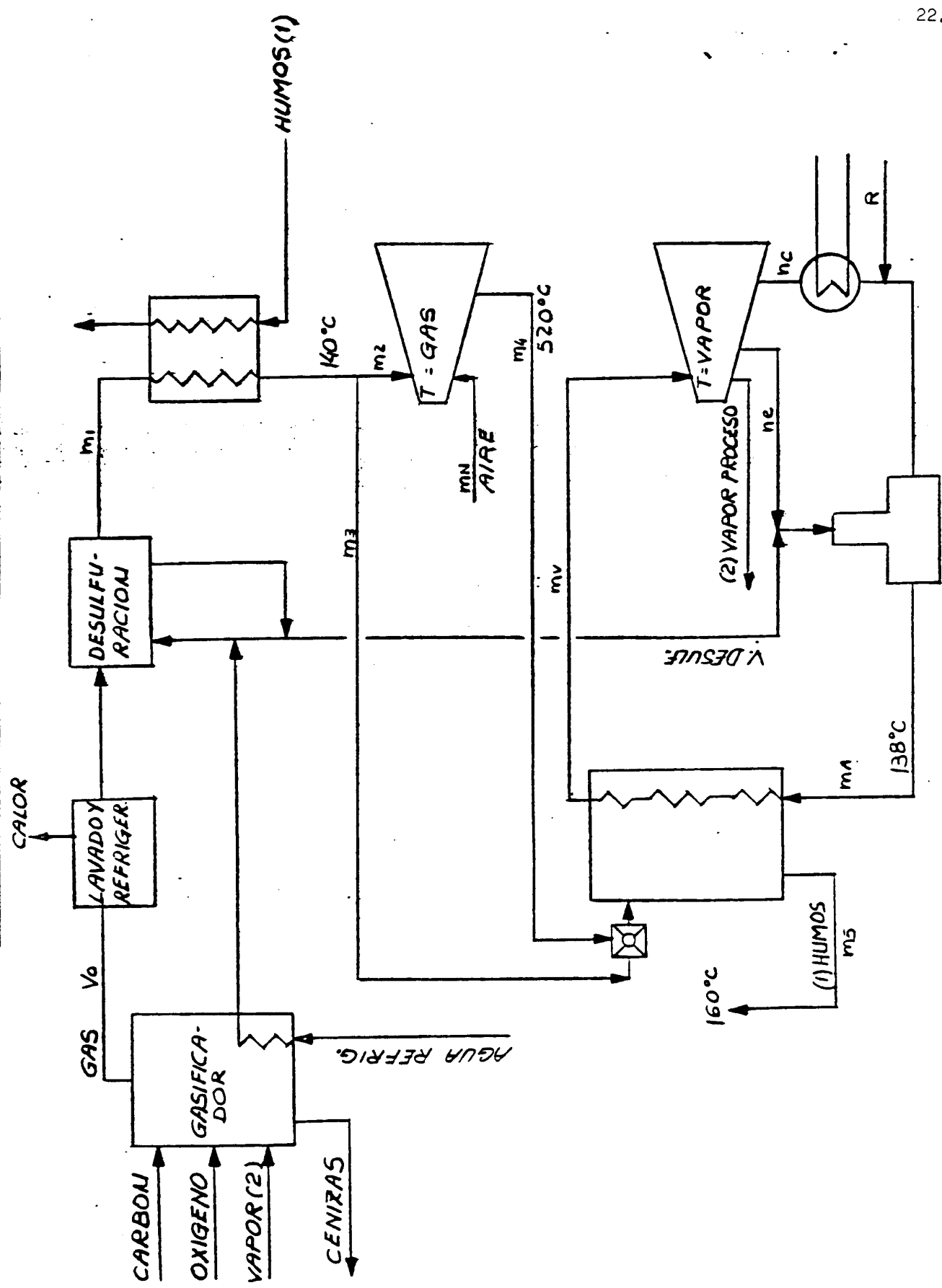


FIG. 12 PROCESO URGÍ
SIN COMBUSTION EN CALDERA

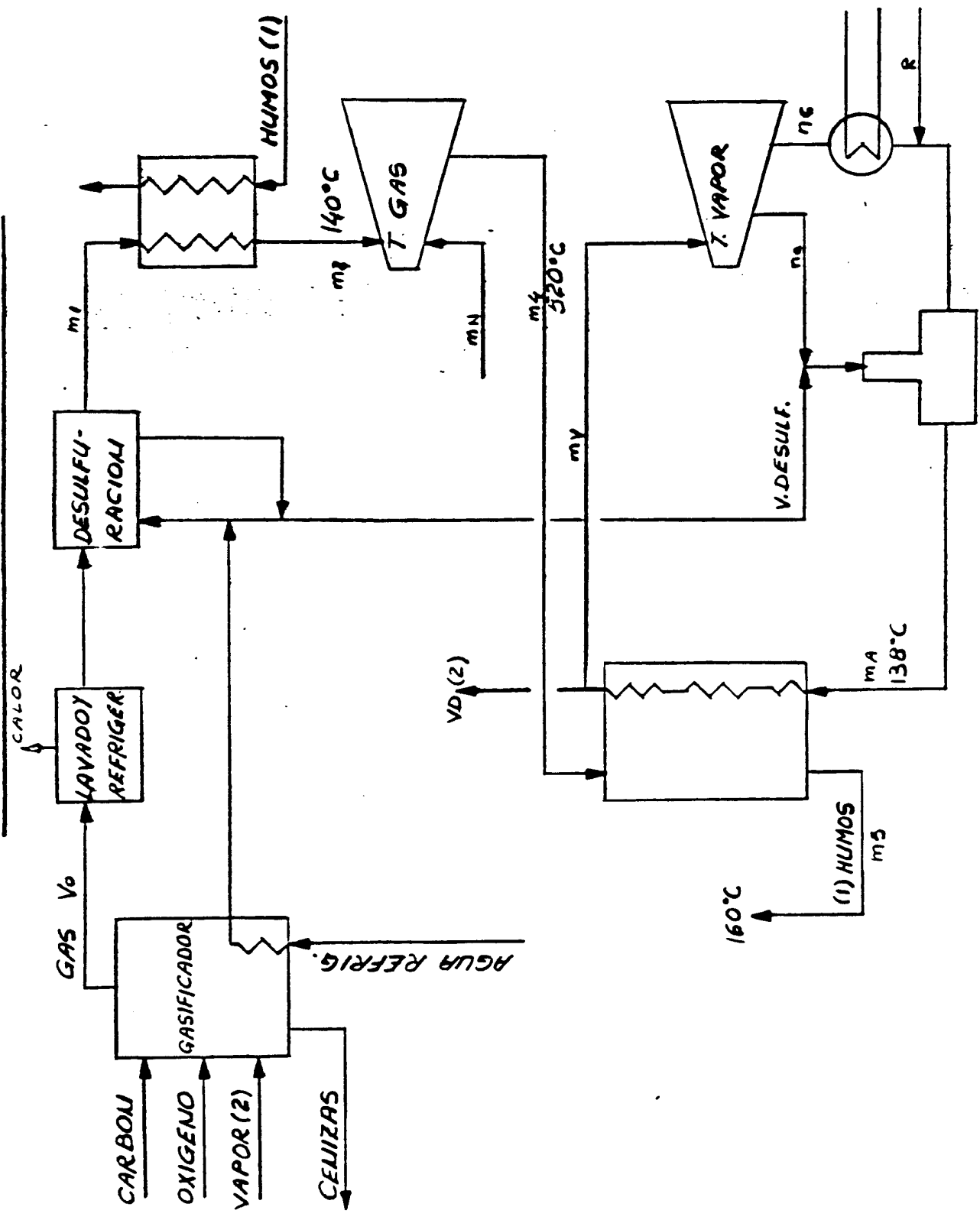


TABLA 1-12 - COSTES DE PRODUCCION

| POTENCIA TOTAL, KW | KOPPERS - TOTZEK | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|--|---------------|--|---------------|--|-----------------------------|
| | CICLO ESCATHON HUMOS 250°C | | TURBINA ESCATHON HUMOS 160°C | | TURBINA ESCATHON HUMOS 120°C | | COMBUSTION ADICIONAL TURBINA ESCATHON COMBUSTION 600 C | | COMBUSTION ADICIONAL COMBUSTION 700 °C | | SIN COMBUSTION CALDERA VAPOR 40 kg/cm ² | |
| | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | VAPOR 30 kg/cm ² | VAPOR 40 kg/cm ² |
| | 133.685 | 133.685 | 141.961 | 141.961 | 140.408 | 140.408 | 173.884 | 173.884 | 151.446 | 151.446 | 120.413 | 124.076 |
| 26.673 | 27.730 | 25.316 | 29.095 | 29.930 | 31.578 | 29.961 | 29.961 | 26.844 | 26.844 | 23.602 | 23.394 | |
| 112.868 | 130.689 | 116.169 | 134.512 | 110.986 | 128.510 | 152.329 | 152.329 | 138.496 | 138.496 | 110.527 | 110.527 | |
| 99.085 | 96.714 | 109.170 | 106.730 | 108.398 | 106.068 | 157.386 | 157.386 | 136.408 | 136.408 | 100.979 | 112.578 | |
| COSTES ADICIONALES, MM P.S. | | | | | | | | | | | | |
| A. AMORTIZACION Y FINANCIACION | | | | | | | | | | | | |
| 3.571 | 3.712 | 3.791 | 3.935 | 4.007 | 4.228 | 4.011 | 4.011 | 3.594 | 3.594 | 3.187 | 3.132 | |
| 2.370 | 2.744 | 2.440 | 2.825 | 2.331 | 2.699 | 3.199 | 3.199 | 2.908 | 2.908 | 2.321 | 2.321 | |
| 667 | 693 | 708 | 735 | 748 | 789 | 749 | 749 | 671 | 671 | 595 | 505 | |
| 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | |
| 3.277 | 3.677 | 3.388 | 3.800 | 3.319 | 3.728 | 4.188 | 4.188 | 3.819 | 3.819 | 3.156 | 3.156 | |
| 6.848 | 7.389 | 7.179 | 7.735 | 7.326 | 7.956 | 8.199 | 8.199 | 7.413 | 7.413 | 6.343 | 6.273 | |
| TOTAL (A + B) | | | | | | | | | | | | |
| 595 | 580 | 655 | 640 | 650 | 636 | 944 | 944 | 818 | 818 | 654 | 675 | |
| B. EXPLOIACION | | | | | | | | | | | | |
| 11.5 | 12.7 | 11.0 | 12.1 | 11.3 | 12.5 | 8.7 | 8.7 | 9.1 | 9.1 | 9.7 | 9.3 | |
| COSTE. MM. (P.S.) | | | | | | | | | | | | |

03.12.84

25.

TABLA I-12 - RECUPERACION SUBPRODUCTOS

| | KOPPERS - TOTZEM | | | | | | L U R G I | | | |
|----------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | CICLO ESCATRON HUMOS 250°C | | TURBINA ESCATRON HUMOS 160°C | | TURBINA ESCATRON HUMOS 120°C | | COMBUSTION ADICIONAL TURBINA ESCATRON | | SIN COMBUSTION CALDERA | |
| | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | COMBUSTION 600 °C | COMBUSTION 700 °C | VAPOR 30 kg/cm ² | VAPOR 40 kg/cm ² |
| POTENCIA TOTAL, KW | 133.685 | 133.685 | 141.961 | 141.961 | 140.408 | 140.408 | 173.884 | 151.446 | 120.413 | 124.076 |
| Azufre, (t/año) | 35.569 | 42.343 | 37.659 | 43.582 | 35.959 | 41.637 | - | - | - | - |
| Acido sulfurico (t/año) | - | - | - | - | - | - | 75.860 | 68.971 | 55.042 | 55.042 |
| COSTE ADUAL, DM Plus. | 427 | 588 | 452 | 523 | 432 | 500 | 910 | 820 | 661 | 661 |
| REPERCUSSION COSTE KW (Plus/KWh) | 0,72 | 0,88 | 0,69 | 0,82 | 0,66 | 0,79 | 0,96 | 1,01 | 1,01 | 0,98 |

DESULFURACION DE LOS HUMOS

La desulfuración de humos antes de su escape por la chimenea es una tecnología bastante extendida y puede aplicarse a centrales térmicas de cualquier potencia.

Existen más de cien procesos aplicables a la eliminación de los gases de SO_x , con o sin recuperación de subproductos, que se reparten entre dos grandes grupos: Desulfuración por vía seca y desulfuración por vía húmeda.

Desulfuración por vía seca

Estos métodos se desarrollaron para solucionar el problema de consumo de energía, pues al mantenerse los gases a su temperatura de salida, no es necesario recalentarlos para darles nuevo impulso ascensional por la chimenea, sobre todo cuando a estas se les ha dado una gran altura para reducir el nivel de inmisiones.

Además de esta ventaja sobre las tecnologías por vía húmeda, tienen la de evitar los problemas de corrosión, abrasión y atascos que estos generan.

Sin embargo, no alcanzan un grado tan alto de desulfuración y su aplicación no se ha extendido a las grandes centrales térmicas.

Por una parte, los métodos que utilizan como desulfurante el CuO , carbón activo o coque activo, con recuperación de ácido sulfúrico o azufre, si son buenos para refineries no lo son para centrales térmicas, en que es frecuente la presencia del ión cloro en los carbonos.

Por otra parte, el método de inyección seca de carbonato calci

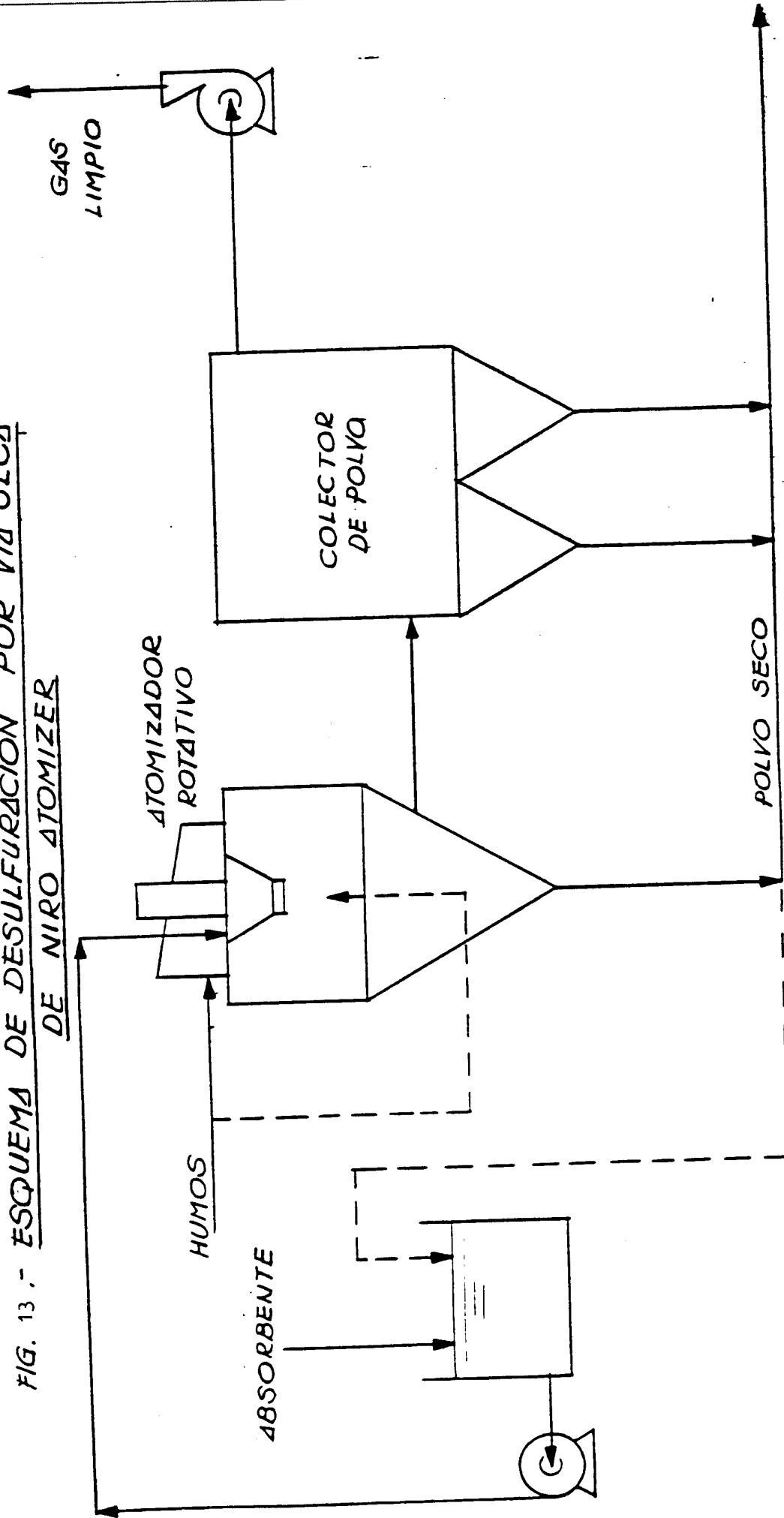
co y dolomita, presenta limitaciones en cuanto a la capacidad de absorción de SO_2 , que por ahora sólo alcanza el 30%.

Sin embargo, existe el método de desulfuración por atomización NIRO ATOMIZER, que se aplica a centrales térmicas mayores de 100 MW, que básicamente consiste, en poner los gases calientes en contacto con una fina nube de lechada de cal, reaccionando las partículas con el gas a la par que se evapora el agua. Parte del producto seco obtenido cae al fondo de la cámara de reacción y los gases pasan por un filtro electrostático y por un ventilador son enviadas a la chimenea. Fig. 13

Los resultados que con este método podría esperarse en centrales térmicas que queman lignito son los siguientes:

| | <u>TRAFAL</u> | <u>ESCUCHA</u> | <u>BERCH</u> |
|---|---------------|----------------|--------------|
| Potencia total (MW) | 1.050 | 160 | 160 |
| Agente absorbedor | polvo de CaO | polvo de CaO | polvo de CaO |
| Consumo de CaO (t/h) | 64 | 6,8 | 14 |
| Agua 1ª calidad m^3/h | 158 | 18 | 37 |
| Agua 2ª calidad m^3/h | 110 | 18 | 37 |
| SO_2 entrada mg/Nm^3 | 13.700 | 10.650 | 13.900 |
| SO_2 salida mg/Nm^3 | 5.800 | 5.100 | 6.200 |
| Eliminación | 58% | 52% | 52% |
| Consumo eléctrico kWh | 5.400 | 710 | 710 |
| Producto seco y cenizas t/h | 417 | 65 | 75 |
| Inversión: | | | |
| España 10^6 pts | 2.750 | 580 | 580 |
| Dinamarca 10^6 coronas | 45 | 21 | 21 |
| Régimen 5.000 horas: | | | |
| Coste total operación 10^3 pts | 4.116.480 | 617.076 | 905.876 |
| Producción 10^6 kWh | 4.830 | 736 | 736 |
| Coste por kWh pts | 0,85 | 0,84 | 1,23 |

FIG. 13.- ESQUEMA DE DESULFURACION POR VIA SECA
DE NIRO ATOMIZER



Sin embargo, como la temperatura de los gases del absorbedor es baja (65°) habría que recalentarlos (115°), y este costo vendría a suponer un coste adicional de 0,25 - 0,30 pts/k.h.

Desulfuración por vía húmeda

Los métodos por vía húmeda emplean técnicas de lavado que utilizan una solución acuosa como fluido lavador, con o sin recuperación de subproductos.

Entre las primeras hay uno que emplea el sulfito sólido ($SO_3 Na_2$) y otro el óxido de magnesio, dando como subproducto ácido sulfúrico o azufre.

Entre las segundas, el de doble alcali tiene regeneración del absorbente, pero no así los de lechada de cal, caliza o sosa. En todo caso los vertidos de estos procesos no tienen valor comercial.

Como ya se ha dicho, las principales consecuencias de la aplicación de estos métodos son los de corrosiones en la chimenea, condensación de vapor en los conductos y disminución de la difusión de materias nocivas en la atmósfera. Estos efectos pueden aliviarse mediante el recalentamiento de los gases después del lavado, lo que por otra parte se hace necesario para darles fuerza ascensional por la chimenea.

Sin embargo, estos métodos, a pesar del encarecimiento que supone el recalentamiento de los gases, son los más difundidos en su aplicación a grandes centrales y se benefician de los avances tecnológicos que a las mismas les ha dado la industria química.

En el caso de las centrales españolas que queman lignitos, los procesos más aconsejables son los de absorción con caliza, Fig. 14, y con cal Fig. 15.

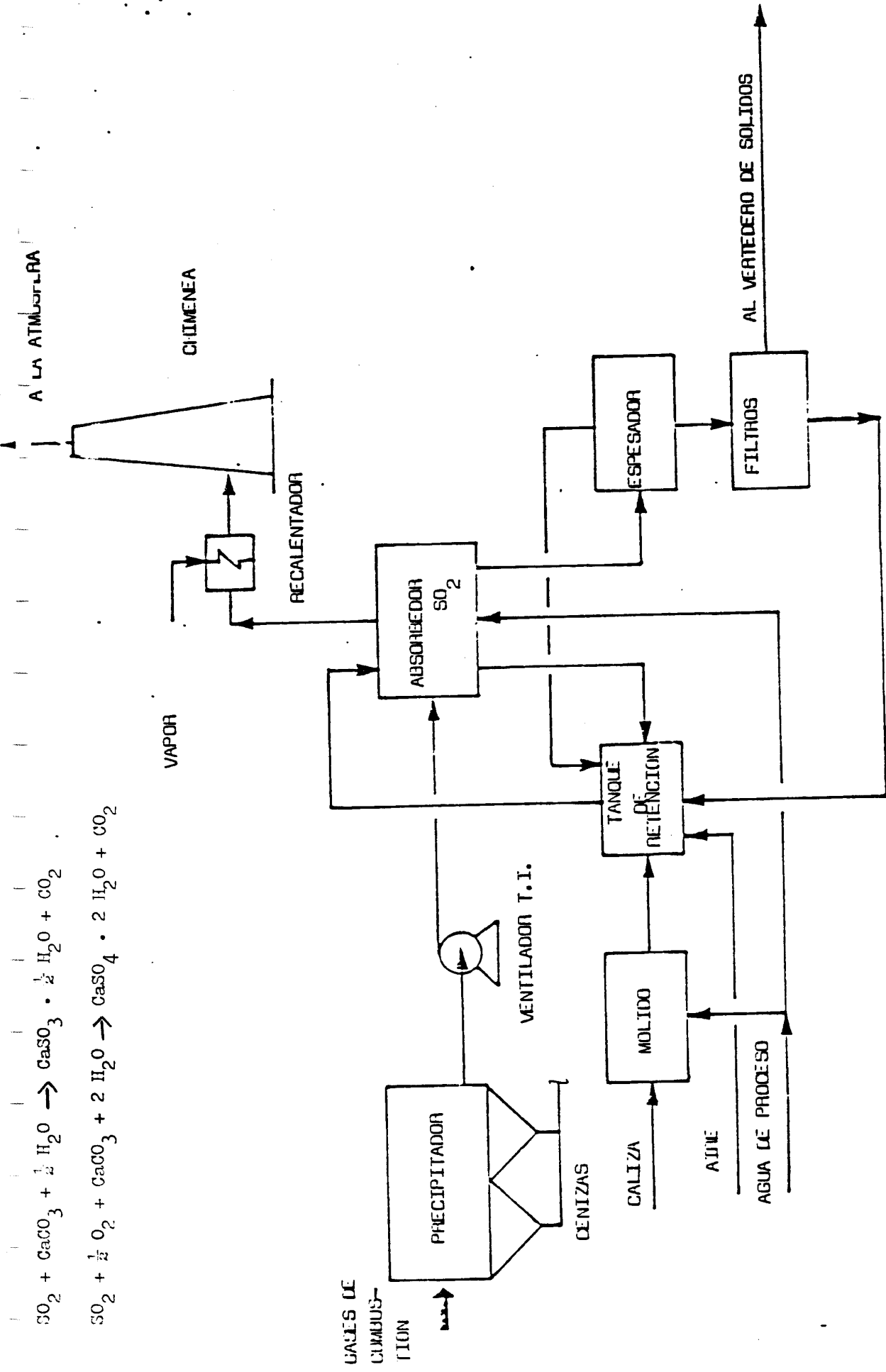
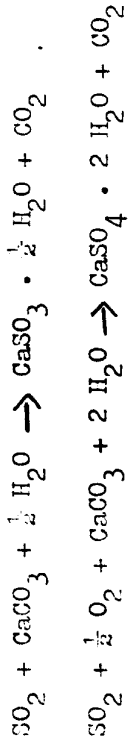


FIGURA 14.- PROCESO DE LAVADO CON CALIZA, DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

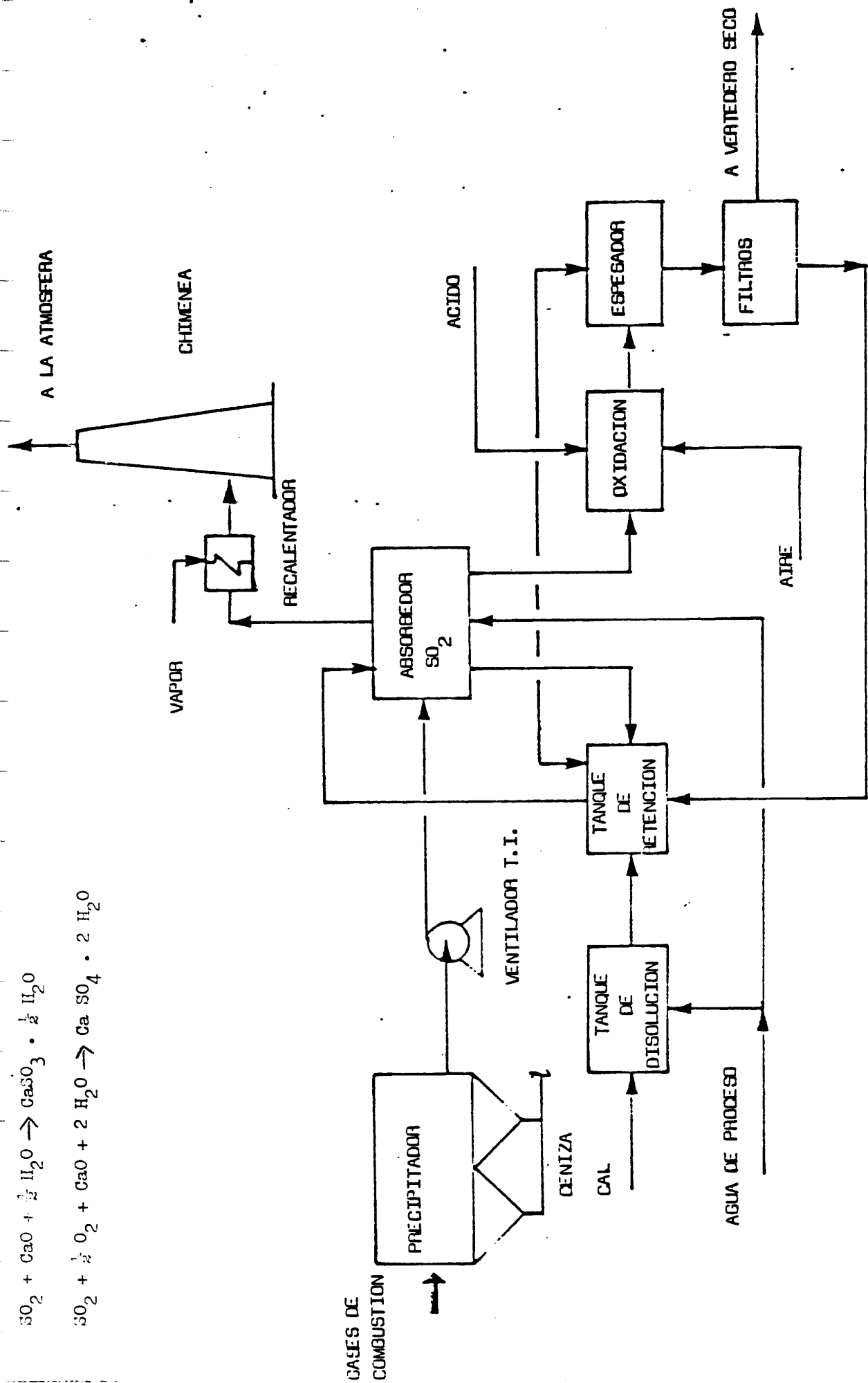
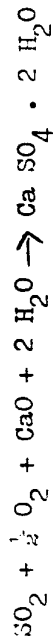
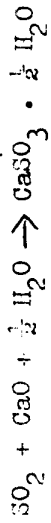


FIGURA 15 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO -- PROCESO DE LAVADO CON CAL

En un estudio teórico realizado para la central térmica TUNJIL, se partió del proceso con caliza, suponiendo que se quemaba lignito del 6% de azufre, y se obtuvieron las siguientes previsiones:

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Potencia total 3 x 350 MW | 1.050 |
| Agente absorbente | Caliza |
| Consumo de caliza t/h | 182,7 |
| Agua proceso m ³ /h | 346,2 |
| Eficiencia de recuperación | 70% |
| Consumo eléctrico kWh | 37.269 |
| Consumo vapor 10 ⁶ Kcal/h | 46.494 |
| Lodos de desecho t/h | 310,8 |

Inversión:

| | |
|---|--------|
| Recalentamiento 30°C - 10 ⁶ pts | 17.000 |
| Recalentamiento 100°C - 10 ⁶ pts | 19.000 |

Régimen 5.000 horas - Recalent. 30°C

| | |
|---|-----------|
| Coste total operación 10 ³ pts | 6.850.955 |
| Producción 10 ⁶ kWh | 4.830 |
| Coste por kWh Pts/kWh | 1,42 |

Régimen 6.000 horas - Recalent. 100°C - (155°C en la base chin.)

| | |
|---|------------|
| Coste total operación 10 ³ pts | 10.400.460 |
| Producción 10 ⁶ kWh | 5.796 |
| Coste Pts/kWh | 1,79 |

El Cuadro 5, reflejan los costes por kWh, utilizados por la AIE, en sus estudios comparativos de tecnologías de centrales térmicas, que pone bien de manifiesto el encarecimiento que en dichos costes representa el aplicar la desulfuración de humos. Sin embargo, otros informes sobre la cuestión no recogen cifras tan pesimistas como las que se deducen de este Cuadro.

DATOS TECNICOS Y ECONOMICOS ACTUALES Y PROYECTADOS EN CENTRALES TERMICAS CONVENCIONALES

| PAIS | POTENCIA PREVISTA MW _e | COMBUSTIBLE | REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO | TIPO DE REFRIGERACION | TRATAMIENTO DE HUMOS | FECHA PREVISTA EN PRADA EN SERVICIO | PRODUCCION MAXIMA ANUAL GWh | DISPONIBILIDAD ANUAL % | RENDIMIENTO COMPLEJO EN % A CARGA MEDIA | COSTE DE CAPITAL TOTAL \$ KW _e Pts | COSTES DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO (1) | | | VIDA ECONOMICA AÑOS |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|---|---|--|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | | FIJOS \$ KW _e Pts | VARIABLES \$ KW _e Pts | TOTALES \$ KW _e Pts | |
| Unidades | MW _e | - | - | - | - | - | GWh | % | % | \$ KW _e Pts | \$ KW _e Pts | \$ KW _e Pts | \$ KW _e Pts | AÑOS |
| OLIVARIA | 610 | HULLA/FUELO | BASE | AGUA CORRIENTE | SIN DE-SULFURACION | 1981 | 4.003 | 75 | 39 | 495 74.250 | 0,0011 0,165 | 0,0008 0,120 | 0,0019 0,285 | 35 |
| ALBANIA FED. | 1.298 | HULLA | CARGA MEDIA | TORRES TIRO NATURAL | CON DE-SULFURACION | EN SERVICIO | 10.230 | 90 | 34 | 789 118.350 | 0,0070 1,05 | 0,0034 0,51 | 0,0104 1,56 | 20 |
| JAPON | 910 | HULLA | BASE | AGUA CORRIENTE | CON DE-SULFURACION | EN SERVICIO | 6.394 | 80 | 35,2 | 901,6 135.240 | 0,0092 1,38 | 0,0023 0,345 | 0,0115 1,725 | 20 |
| ESTADOS UNIDOS | 800 | HULLA | BASE | TORRES TIRO NATURAL | SIN DE-SULFURACION | EN SERVICIO | 5.393 | 77 | 36,5 | 850 127.500 | 0,0045 0,675 | 0,0015 0,225 | 0,0060 0,900 | 30 |
| ESTADOS UNIDOS | 800 | HULLA | BASE | TORRES TIRO NATURAL | CON DE-SULFURACION | EN SERVICIO | 5.254 | 75 | 35,4 | 1.000 150.000 | 0,0069 1,035 | 0,0036 0,540 | 0,0105 1,575 | 30 |
| ISA / SAS | 1.000 | HULLA | BASE | TORRES TIRO NATURAL | CON 85% DESULFURACION | EN SERVICIO | 7.006 | 80 | 34,4 | 960 144.000 | - - | - - | 0,0094 1,41 | 30 |
| ALBANIA FED. | 1.140 | LIGNITO PUNO | BASE | TORRES TIRO NATURAL | SIN DE-SULFURACION | EN SERVICIO | 6.775 | 90 | 34 | 649 121.350 | 0,0039 0,585 | 0,0007 0,105 | 0,0046 0,690 | 20 |
| JAPON | 965 | GAS DE SINTESIS | BASE | AGUA CORRIENTE | NO NECESITA | EN SERVICIO | 6.755 | 80 | 40 | 571,5 86.625 | 0,0059 0,885 | 0,0012 0,180 | 0,0071 1,065 | 20 |

(1) No incluye los costes de combustible - 1 G = 150 pts.

RESUMEN

La tecnología de combustión en lecho fluido no está aún lo su ficientemente desarrollada para ofrecer garantías en su aplicación a la generación en grandes centrales eléctricas. Los costes de esta tecnología según las previsiones, oscilan entre 0,95 y 1,89 pts/kWh, según estudios de la AIE.

Las tecnologías de gasificación previa del carbón, están más desarrolladas aunque los procesos de gasificación a presión y utilización del gas en ciclos combinados turbina de gas-turbina vapor requieran todavía la puesta a punto de algunos de los tipos de gasógenos propuestos. Según estudios de la AIE los costes de gasificación oscilarían entre 0,60 y 0,92 pts/10³ Kcal/año sin tener en cuenta los costes de generación. Los estudios españoles sobre este tema aplicados a la central de Escatrón, prevén unos costes entre 10,31 y 11,82 pts/kWh, utilizando gasógenos KOPERS-TOMZEK y de 7,74 a 8,69 pts/kWh, utilizando gasógenos LURGI.

Las tecnologías de desulfuración de gases cuentan con una base experimental mucho más sólida en su aplicación a las grandes centrales térmicas.

La desulfuración por vía seca, ofrece procesos cuya repercusión en los costes de la central de Teruel, oscilarían entre 0,21 y 0,29 pts/kWh para regímenes de funcionamiento entre 6.000 y 4.000 horas. Sin embargo, si se quiere reforzar la temperatura de gases al pie de la chimenea estos costes se incrementan entre 0,25 y 0,30 pts/kWh.

La desulfuración por vía húmeda, utilizando como absorbente la caliza, según los estudios realizados en esta misma central, ofrece diferentes posibilidades de recalentamiento de los gases a pie de chimenea. Para un recalentamiento de 30° el cos-

te oscilaría entre 1,27 y 1,64 pts/kWh para regímenes de funcionamiento en tre 6.000 y 4.000 horas, y para un recalentamiento de 100° al costo un régimen de 6.000 horas sería de 1,79 pts.

Madrid, Noviembre 1983

B I B L I O G R A F I A

Energy Technology Data Hand Book - Vol. I. KFA - ETSAP

Ch. Manthey - Enero 1980

Summary Report on Technology Characterizations - IEA - ETSAP

M. Muller and K.J. Maher - Diciembre 1982

Lignito negro en las zonas de Teruel y Cataluña -

Alternativas tecnológicas y usos industriales - Octubre 1983