

# LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE COMPOSTILLA, EN PONFERRADA

## III. PROYECTO DEL EDIFICIO

Por A. MARTINEZ CATTANEO, Ingeniero de Caminos.

*Como indica el subtítulo, se hace en el presente artículo la descripción del proyecto del edificio de esta importante Central, quedando para el próximo una reseña de la ejecución de las obras y sus incidencias*

Definidos los elementos y esquemas funcionales de la Central, puede procederse al proyecto del edificio.

Claro está que simultáneamente con este proyecto es necesario concebir y proyectar el conjunto de todas las instalaciones, tanto funcionales como accesorias que sirven a la Central: transporte y carboneo, parque de transformación, salidas de línea, almacenes, taller, poblado, etc., tal como figuran en el plano general adjunto, y que describiremos oportunamente.

### Líneas generales del proyecto.

*Disposición general.* — Por la planta y sección transversal que publicamos puede observarse la disposición general de los diversos elementos que constituyen el edificio, y que son los siguientes:

- Nave de calderas.
- Nave de turboalternadores.
- Nave de 11 KV.
- Pabellón de mando, oficinas y taller.

Se observa cómo la nave de calderas y la de turbos tienen su planta principal o noble, como la hemos llamado en el proyecto, a igual nivel; éste corresponde al de parrillas en las calderas y al de turboalternadores en su nave, quedando en ambas una planta inferior que en la primera corresponde a la salida de escorias y ventiladores de tiro forzado, y en la segunda, a condensadores, vaporizadores y precalentadores. Esta disposición es clásica, pero en cambio hemos de hacer observar cómo se ha suprimido en Compostilla la nave intermedia entre calderas y turbos destinada generalmente a alojar las instalaciones de depuración de agua, bombas de alimentación y tuberías-colectores; aquí la estación depuradora de agua se ha construido independientemente al aire libre, mientras que bombas de ali-

mentación y colectores se instalan en un pequeño espacio que se roba a la planta inferior de calderas.

Puede observarse además cómo la sala de mando queda situada al extremo de la nave de turbos en lugar de estar colocada en su eje, como es más habitual.

El croquis adjunto muestra la disposición clásica en sección transversal de una central termoelectrica tal como la adoptada por nosotros en el proyecto de Puertollano y el anteproyecto del Arlanzón.

*Colaboración Arquitecto-Ingeniero.* — Fijadas las líneas generales del proyecto y antes de pasar a su redacción se plantea el problema, unido a otra serie de ellos de tipo funcional y estructural, de las formas con que ha de ser resuelto.

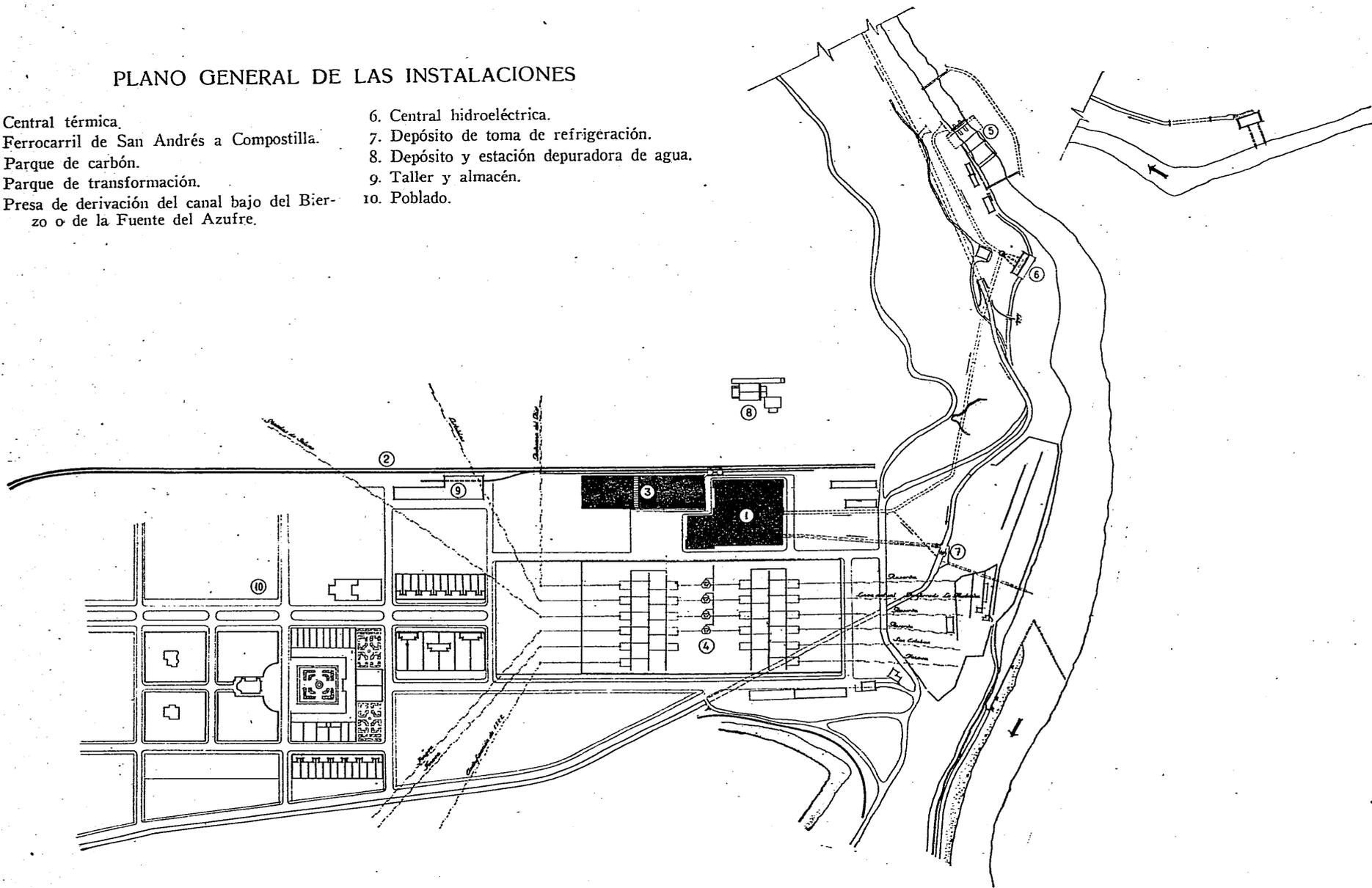
Nos incluimos en el número cada vez más numeroso de ingenieros que no se conforman con dar solución técnica y económica a los problemas que tienen planteados, sino que aspiran a completar sus creaciones con el logro de la satisfacción espiritual que constituye las formas estéticas; tenemos la inquietud de buscar ese fin más alto, aunque naturalmente no sabemos si lo encontraremos o no. Estamos con quienes, como Ángel del Campo, creen que la Ingeniería participa en un grado mayor o menor de una serie de obligaciones comunes a las Bellas Artes. Creemos finalmente: "No se contenta el ingenio con la sola verdad, como el juicio, sino que aspira a la hermosura. Poco fuera en la Arquitectura asegurar firmeza si no atendiera al ornato" (1).

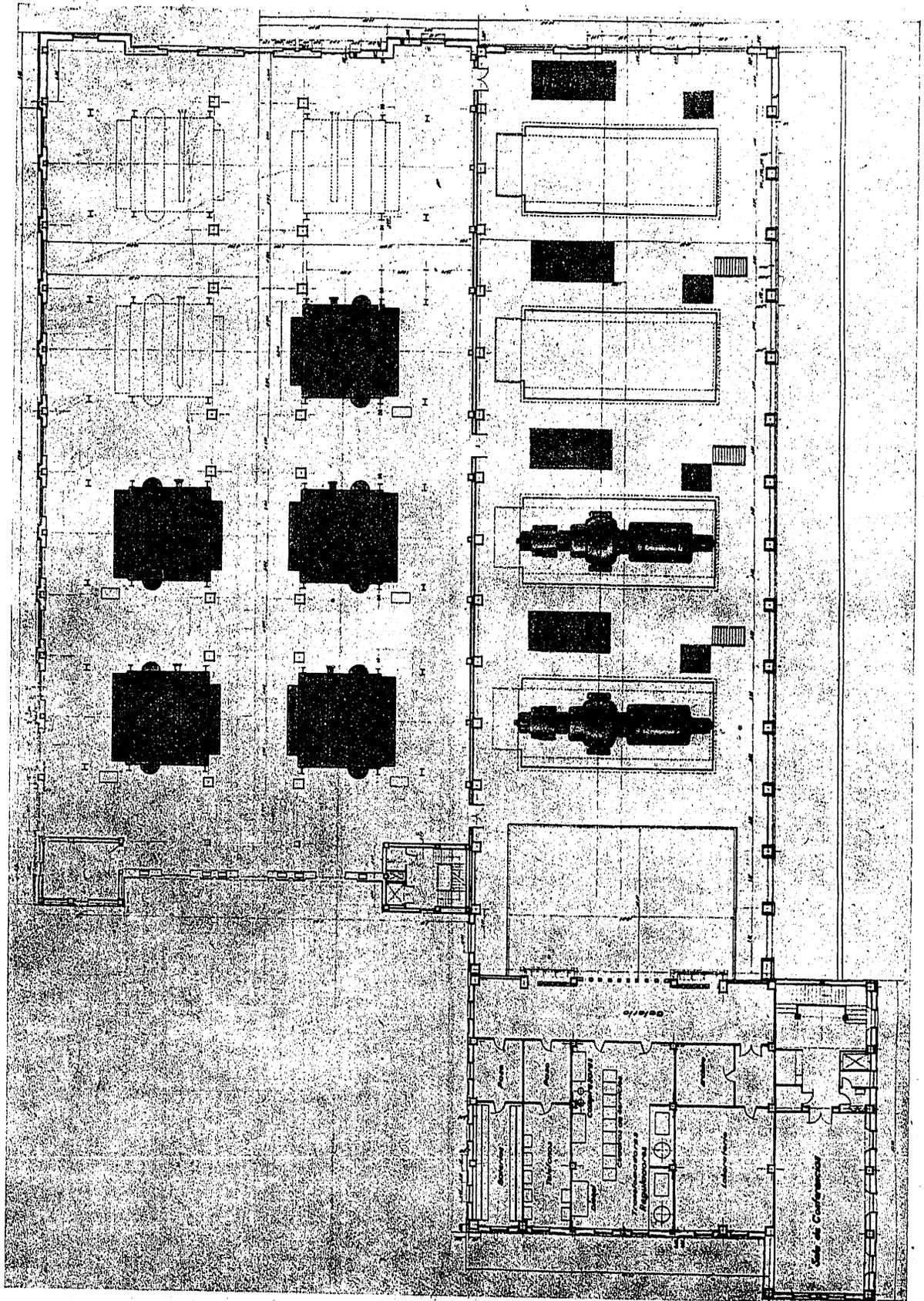
Debe procurarse el logro de las formas más bellas, siempre que para ello no haya de sacrificarse la función, no se perjudique el ritmo o plazo de las obras y se pueda conseguir dentro de un cierto margen del presupuesto.

(1) Baltasar Gracián: *Agudeza y Arte de Ingenia*. Discurso II.

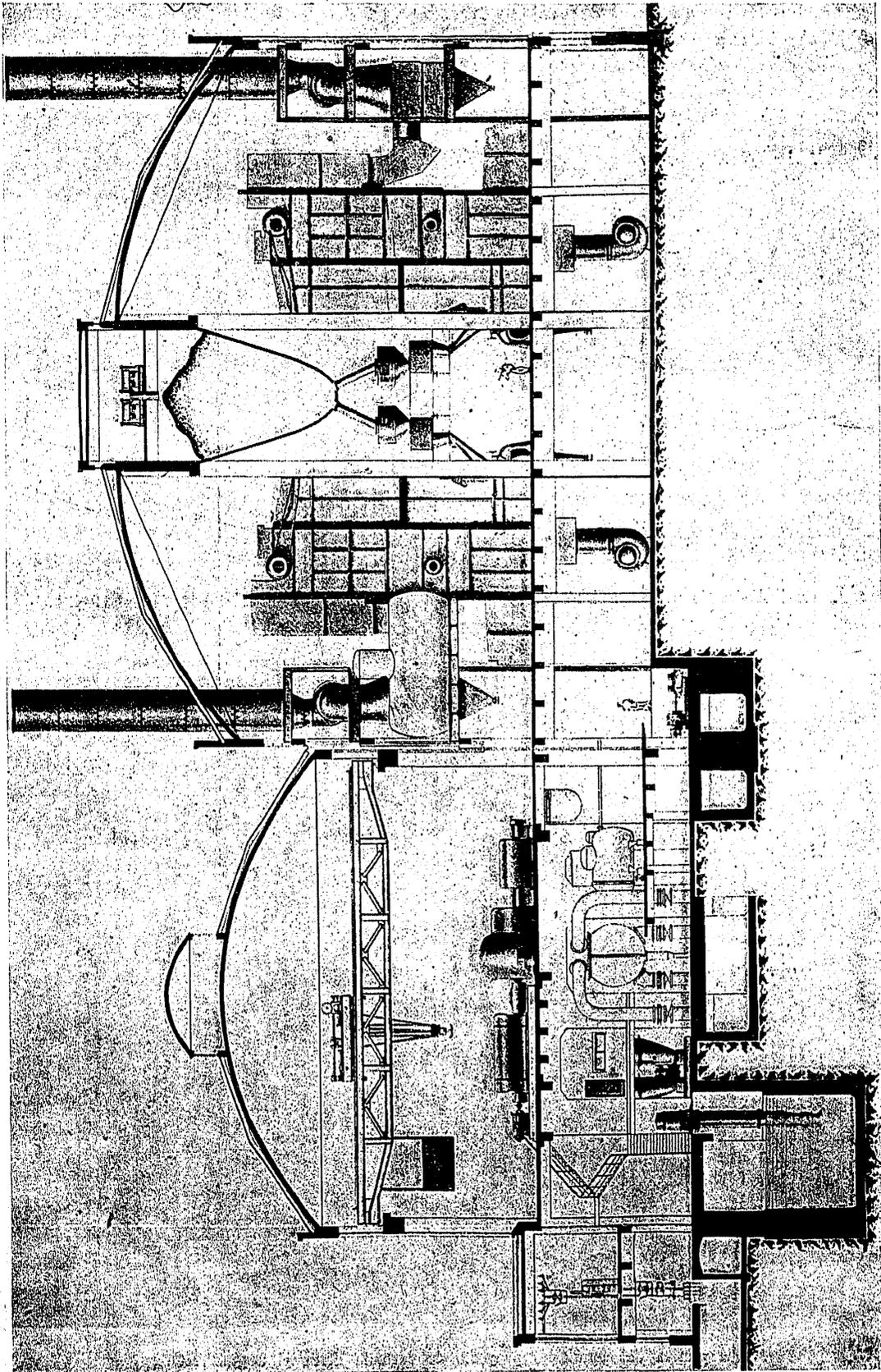
# PLANO GENERAL DE LAS INSTALACIONES

- 1. Central térmica.
- 2. Ferrocarril de San Andrés a Compostilla.
- 3. Parque de carbón.
- 4. Parque de transformación.
- 5. Presa de derivación del canal bajo del Bierzo o de la Fuente del Azufre.
- 6. Central hidroeléctrica.
- 7. Depósito de toma de refrigeración.
- 8. Depósito y estación depuradora de agua.
- 9. Taller y almacén.
- 10. Poblado.





Planta noble.

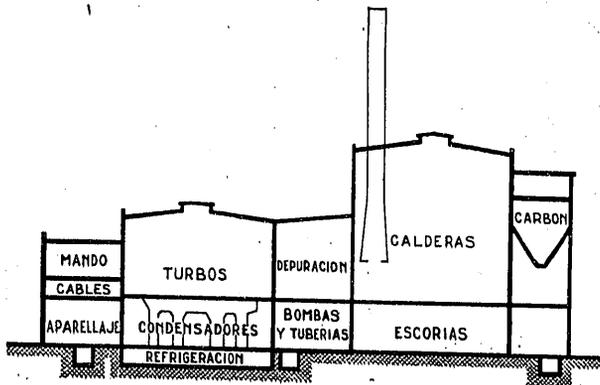


Sección transversal.

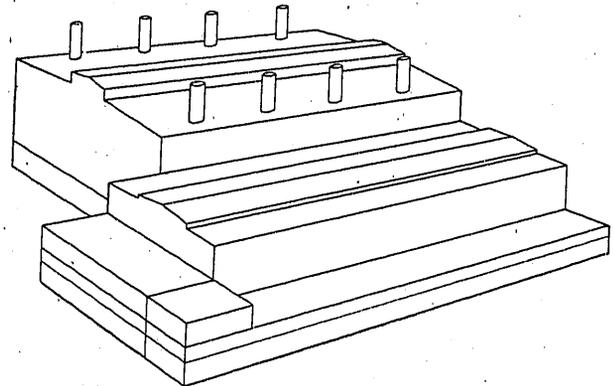
Por todo ello buscamos para nuestro proyecto la colaboración del Arquitecto Francisco Bellosillo, con quien hemos desarrollado el trabajo en común a lo largo del mismo. Porque entendemos como fundamental en este tipo de colaboraciones el que éstas se lleven a cabo en un plano de igualdad entre los que trabajan y desarrollando su labor a lo largo del proyecto y nunca como trabajo de uno de ellos cuando el de la otra

parte se halla total o prácticamente terminado y como por desgracia es habitual. Nos parece indispensable llegar a un espíritu común en la concepción, que solamente puede obtenerse cuando se funden ambas profesiones en una mutua comprensión.

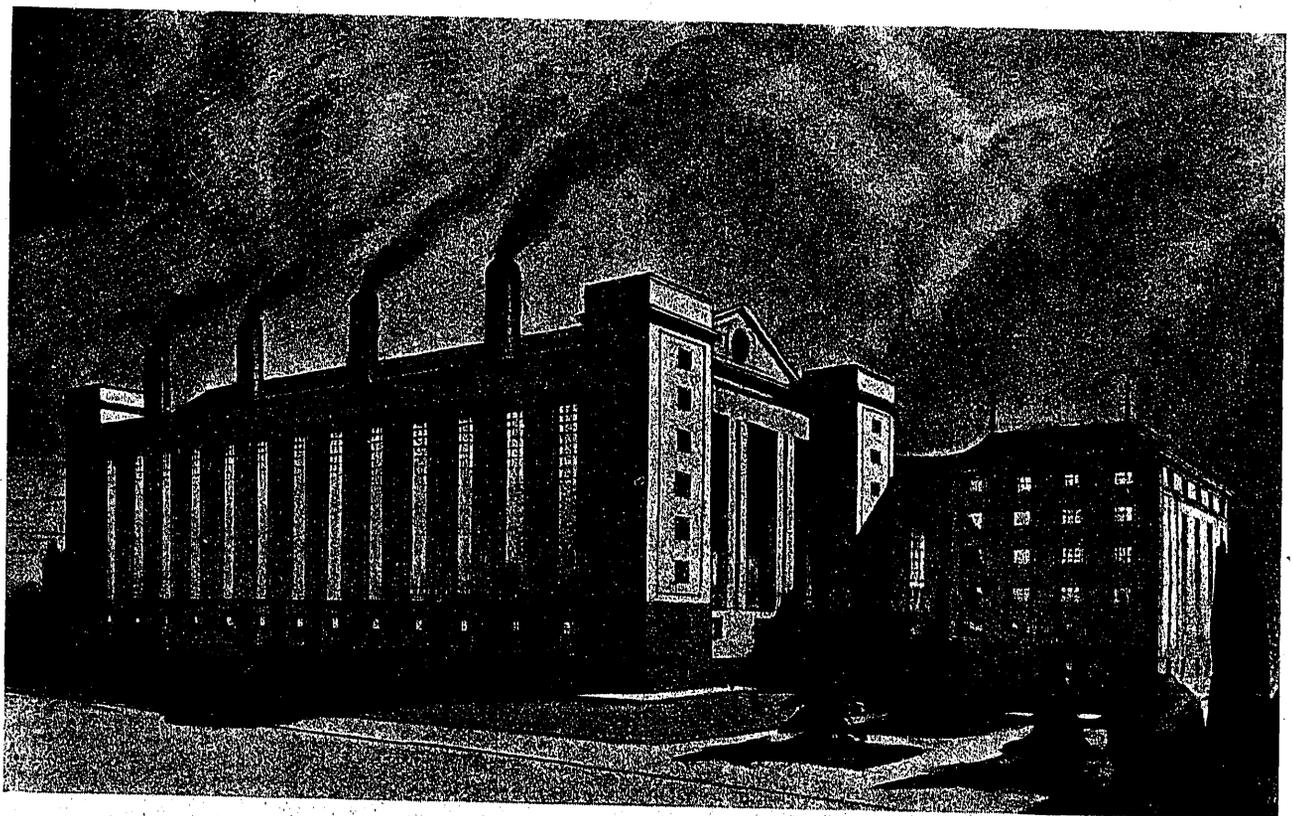
Resultado de esta colaboración, tan grata para nosotros, tanto por las extraordinarias dotes que para su oficio concurren en Bellosillo como por sus cualidades



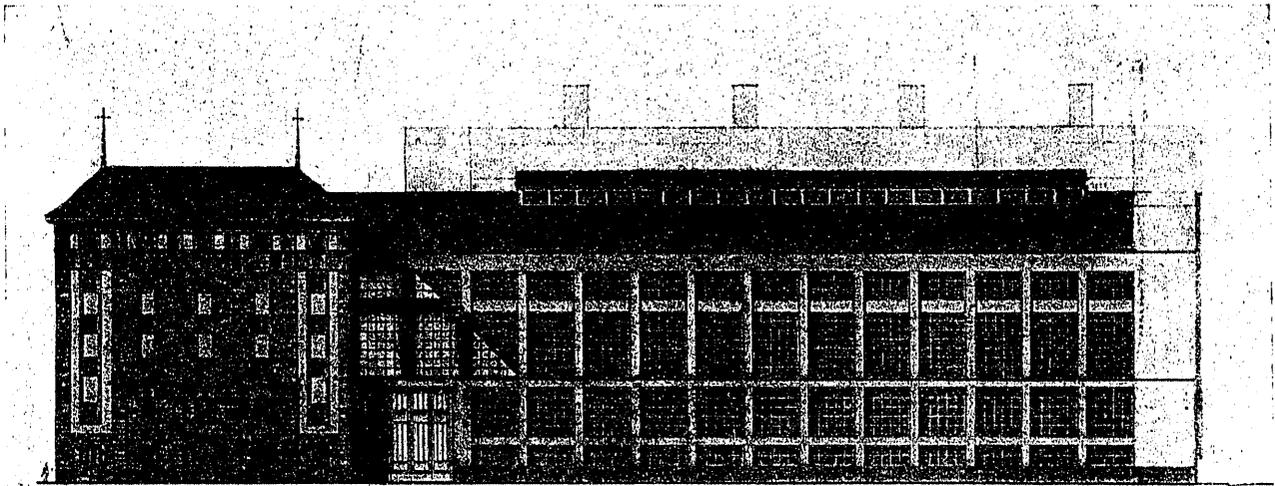
Sección transversal clásica de una central térmica.



El primer apunte para el proyecto.



Perspectiva del penúltimo proyecto de fachada desde el ángulo NO.



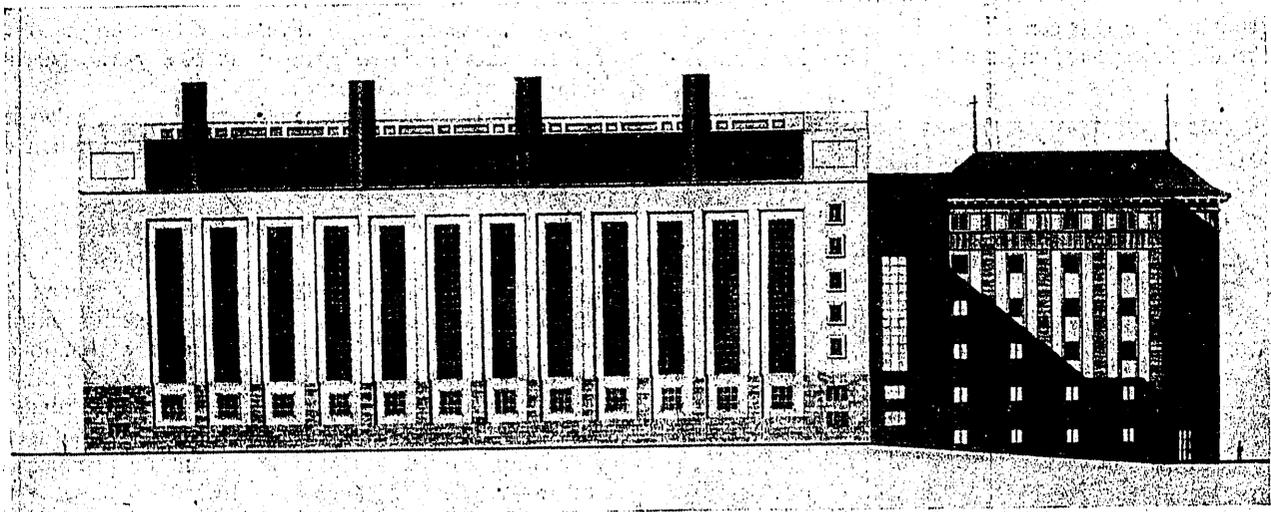
Fachada Sur.

personales, ha sido la concepción general del edificio en cuanto a sus proporciones, tanto externas como internas. Publicamos algunas fotografías de las fachadas, así como de su maqueta, dejando para un próximo artículo las correspondientes al edificio terminado.

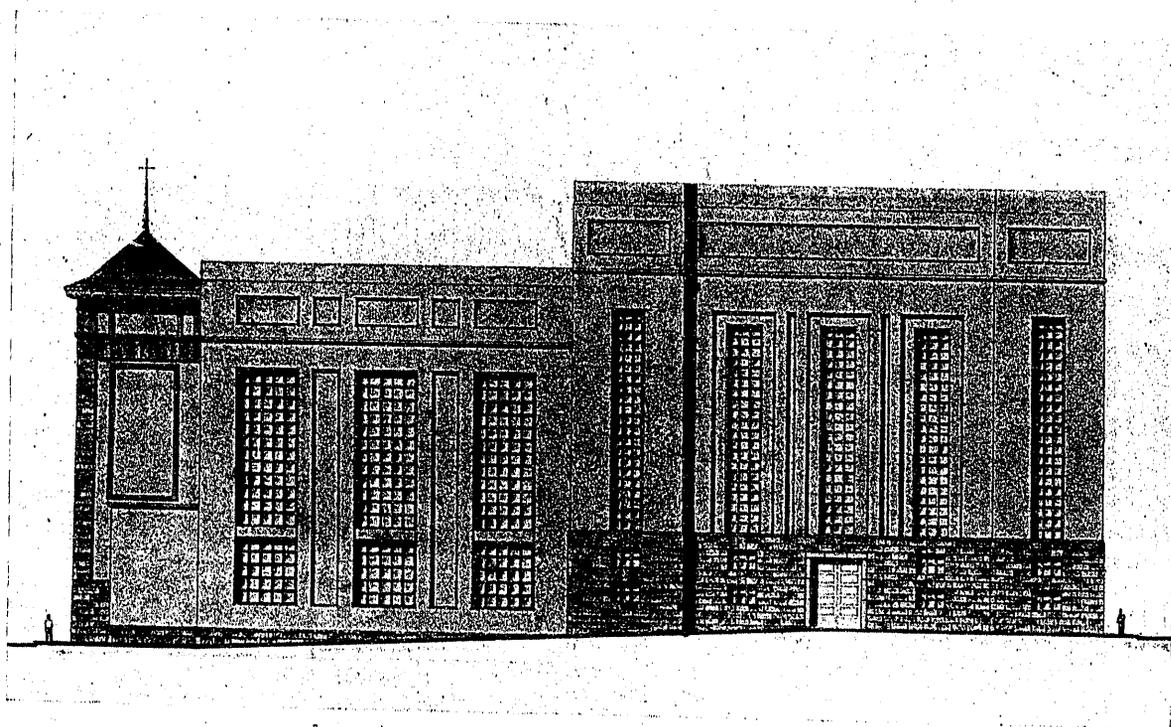
*Estructura y elementos constructivos.* — La estructura de hormigón armado ha sido calculada siguiendo las normas del IOH, habiéndose admitido para el hormigón las tensiones que figuran en el cuadro adjunto, y para el acero 1 200 Kg./cm.<sup>2</sup>, salvo en la membrana de la tolva continua, en que, por trabajar a tracción, se ha considerado únicamente 1 000 Kg./cm.<sup>2</sup>.

Dosisificación de cemento — Kg./m. <sup>3</sup>	Resistencia probable a los 28 días en probeta cilíndrica	TENSIONES ADMISIBLES EN KG./CM. <sup>2</sup>			
		Tracción	Compresión $\sigma_h$	TANGENCIAL $\tau_h$	
				Placas y vigas	Cimentaciones en masa
350 (1)	165	—	55	5	8
300	140	—	47	4	6
200	80	—	27	—	4

(1) Este hormigón, además, cuidadosamente ejecutado.



Fachada Norte.

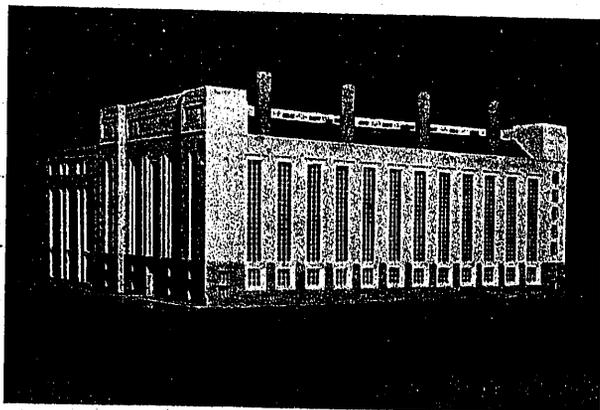


Fachada Este.

Las cimentaciones se proyectan directas por zapatas gruesas de hormigón armado y a pequeña profundidad, ya que el terreno lo permitía así y se consideran tensiones admisibles medias para el terreno de 5 Kg./cm.<sup>2</sup> en la planta de calderas y de 3 Kg./cm.<sup>2</sup> en el resto del edificio.

Proyectamos modular todo el edificio longitudinal con separaciones entre pilares de 5,00 m., lo que resulta bien para los pórticos de las fachadas y, al mismo tiempo, para la arquitectura.

Los muros entramados con hormigón armado se terminan de cerrar con fábrica de ladrillo hueco de pie y medio de espesor, enfoscado exterior e interiormente.



Maqueta del edificio.

te: En zócalos y en parte de las fachadas del pabellón de mando y oficinas, se proyecta un chapado con piedra granítica. Las cubiertas son de estructura varia, como más adelante se describirá, mientras que se fija la impermeabilización al recubrimiento de losas de pizarra en todas ellas.

Los pavimentos son asimismo variados, de Nolla, baldosín hidráulico, madera, etc.

Todos los ventanales del edificio, con excepción de los del pabellón de mando que son metálicos, están proyectados de hormigón vibrado con practicables metálicos. El vidrio es de diversas clases: impreso en calderas, acanalado en turbos y 11 KV y transparente doble en pabellón de mando.

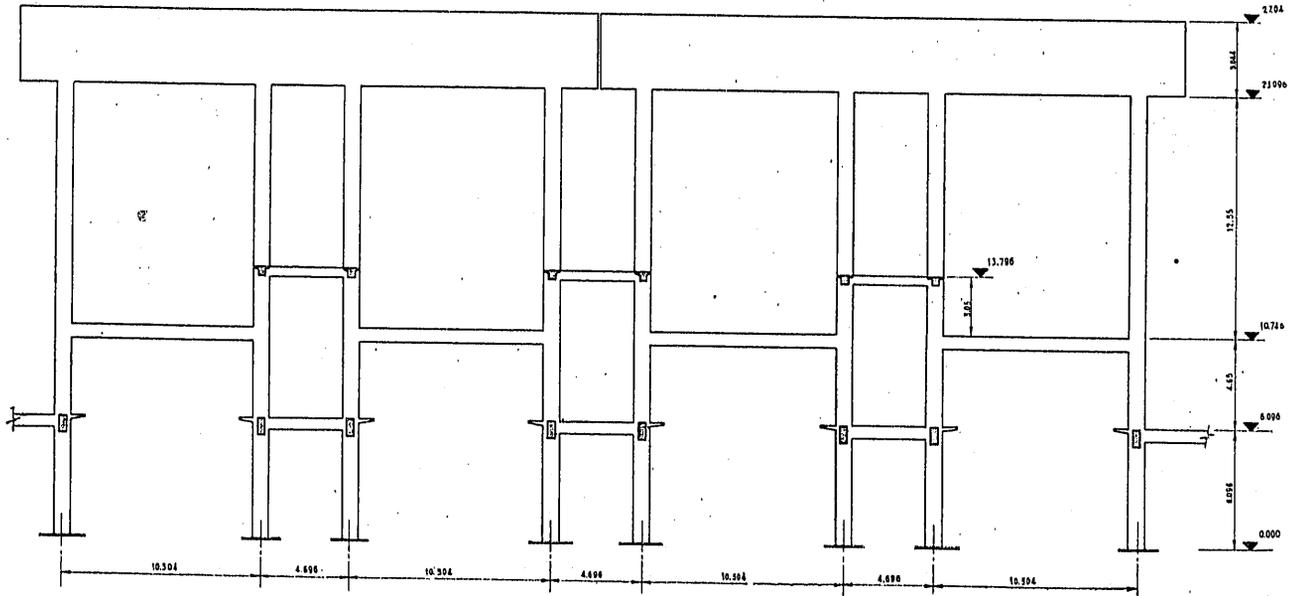
Las puertas se proyectan todas de acero, salvo las correspondientes a las oficinas, que van de madera de castaño.

#### Descripción de sus elementos.

*Nave de calderas.*— Las calderas se instalan en dos filas, con la tolva de carbón sobre el pasillo central, que al mismo tiempo es el de maniobra y mando de las mismas. De esta manera se ha hecho coincidir el eje de cada dos calderas con el de un turboalternador, que por ello se ha situado transversalmente en su nave y constituye de esta forma la unidad de producción para 25 000 Kw (2 calderas - 1 turbo).

Con esta disposición el edificio ha perdido longitud, aumentando en cambio su anchura, lo que, a pesar de





Vigas portantes y estructura de sustentación de la tolva continua.

suprimir la nave intermedia, ha obligado a un desplazamiento de la explanación hacia la ladera, pero sin perjudicar a la explotación, por cuanto de esta manera el ferrocarril llega a una cota situada a 6,00 m. por encima de la planta inferior de calderas, que es, asimismo, la del parque de carbón.

Las calderas se montan sobre columnas metálicas formadas por perfiles laminados, considerándose, pues, el edificio en esta nave de calderas como un elemento independiente que rodea y cubre a las mismas.

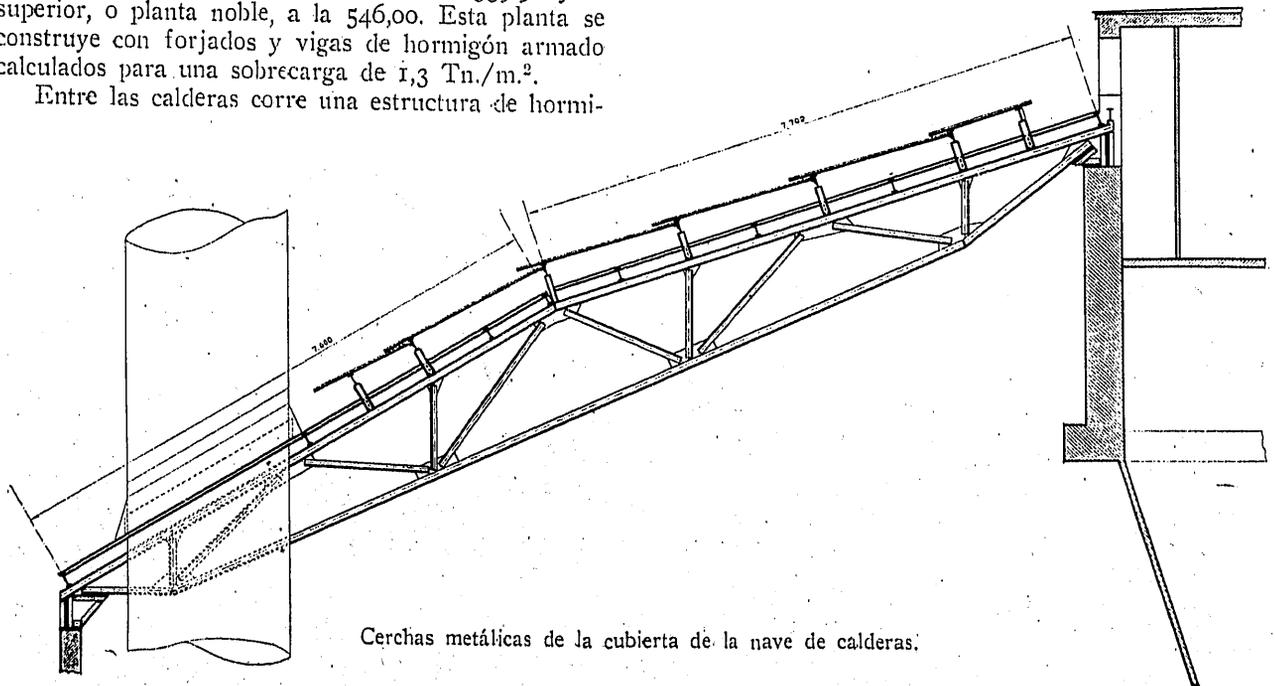
La nave de calderas, como dijimos, tiene dos plantas fundamentales: la inferior a la cota 539,90 y la superior, o planta noble, a la 546,00. Esta planta se construye con forjados y vigas de hormigón armado calculados para una sobrecarga de 1,3 Tn./m.<sup>2</sup>.

Entre las calderas corre una estructura de hormi-

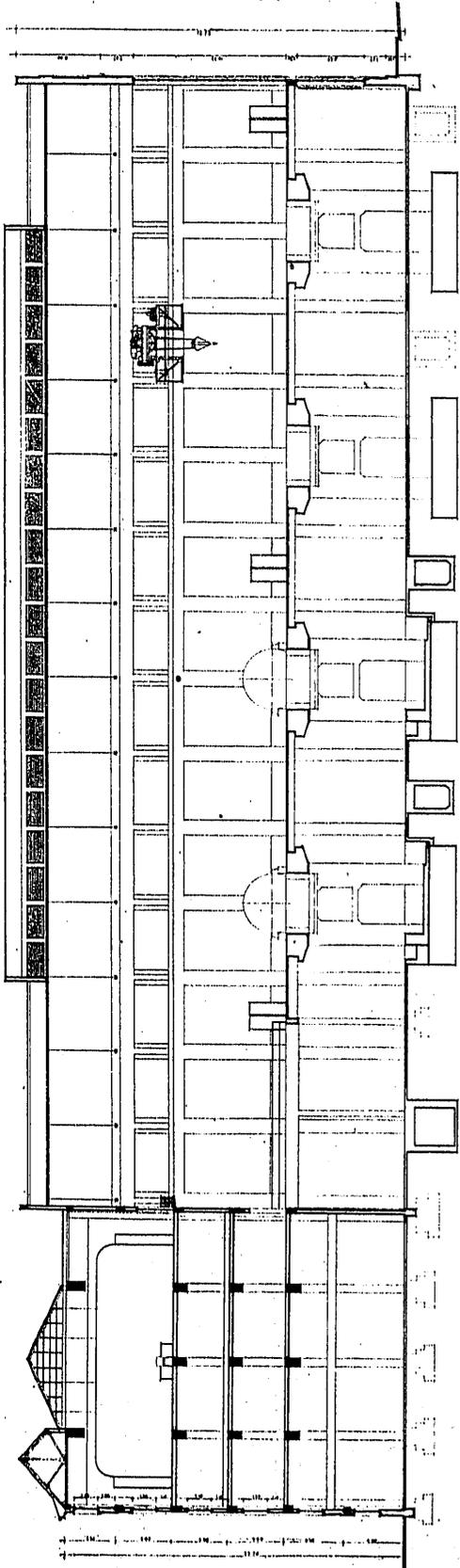
gón armado que sustenta las tolvas de carbón para las mismas, con una capacidad de 2 400 Tn. (por caldera).

Estas tolvas se proyectaron con dos variantes, una de ellas del tipo clásico con fondos troncopiramidales.

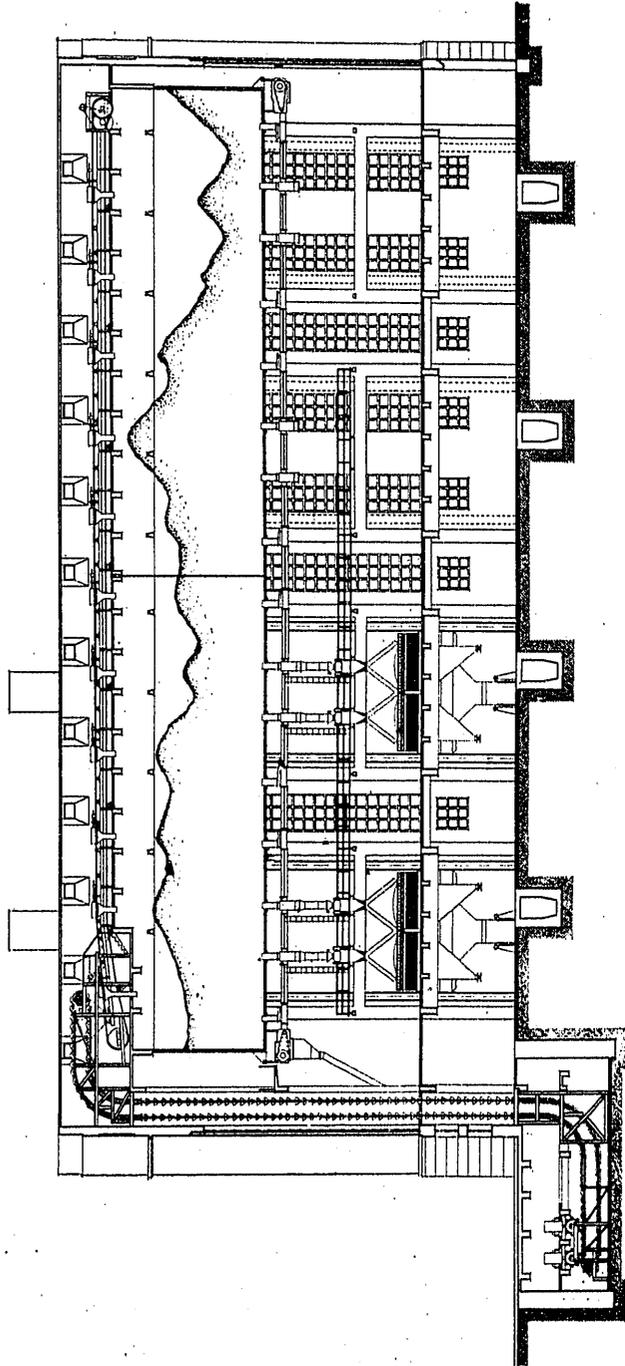
La otra variante que ha sido elegida para la construcción es la que consiste en una tolva continua todo a lo largo de la nave, con fondo cilíndrico, constituido por una lámina de hormigón armado con directriz funicular de los esfuerzos y colgada de dos vigas laterales (mejor dicho, cuatro, ya que se divide en el cen-



Cerchas metálicas de la cubierta de la nave de calderas.



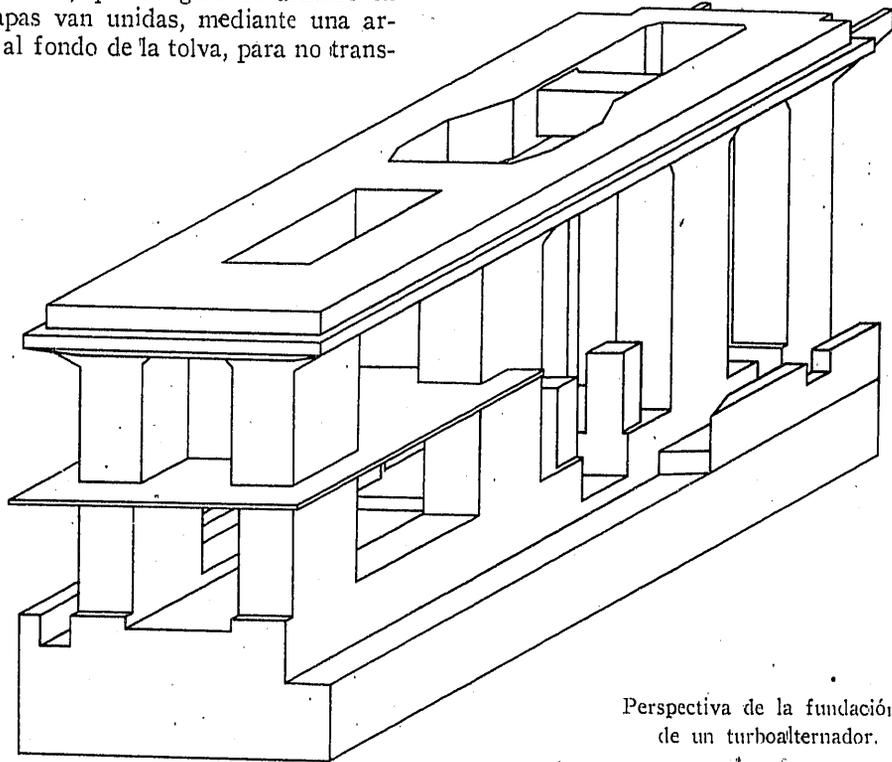
Sección longitudinal por el eje de la nave de turbos.



Sección longitudinal por el eje de la nave de calderas.

tro por su excesiva longitud), que se apoyan sobre pilares de hormigón armado. El cálculo o, mejor dicho, trazado de esta directriz se ha llevado a cabo gráficamente mediante sucesivos tanteos. Las tapas extremas o bases del cilindro se han proyectado planas por dificultades de encofrado, lo que da lugar a una flexión por el empuje del carbón, que obliga a su armado en dos capas; estas capas van unidas, mediante una articulación continua, al fondo de la tolva, para no trans-

El carbón llega a la nave de calderas por un sistema de cintas hasta la cámara de carga del elevador de cangilones, que lo vierte, a su vez, en una cinta que corre sobre la tolva en la llamada galería de transportadores.



Perspectiva de la fundación de un turboalternador.

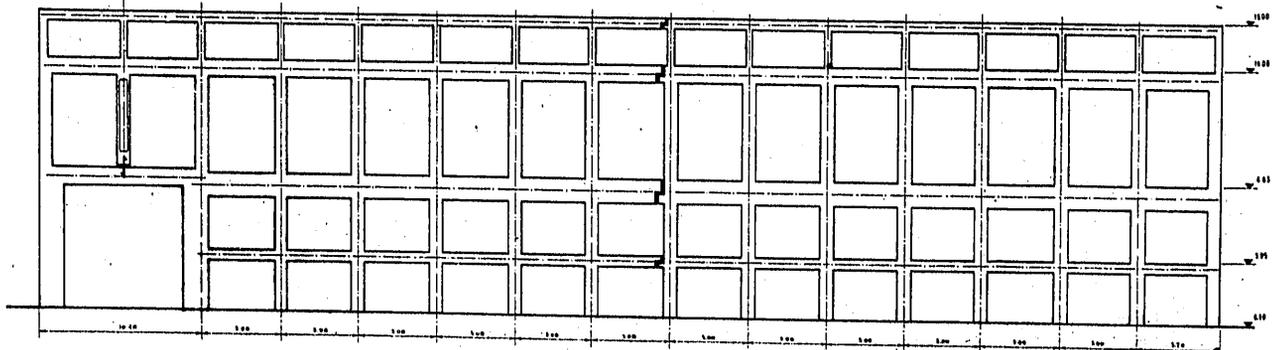
mitir a ésta momento alguno. De la tolva se cuelgan los elementos para la distribución del carbón a las calderas.

Como la tolva transmite a las vigas portantes esfuerzos horizontales, se han proyectado cada 5 m. rios-tras horizontales para absorberlos, siendo necesario reforzar las vigas mediante un nervio que forma con aquéllas una especie de L.

Esta nave, como todo el edificio, lleva una junta de dilatación en su estructura, que corre de Norte a Sur, aproximadamente en su centro.

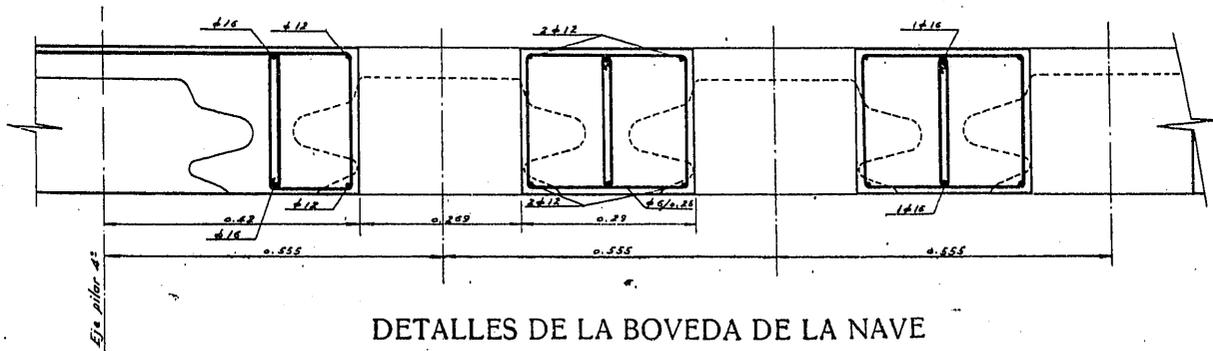
Se ha proyectado la construcción de unas torres en la fachada Oeste, de las que la Sur lleva montacargas y una escalera, mientras que la Norte, los aseos y laboratorio de carbón.

La cubierta de calderas fué proyectada con dos bó-



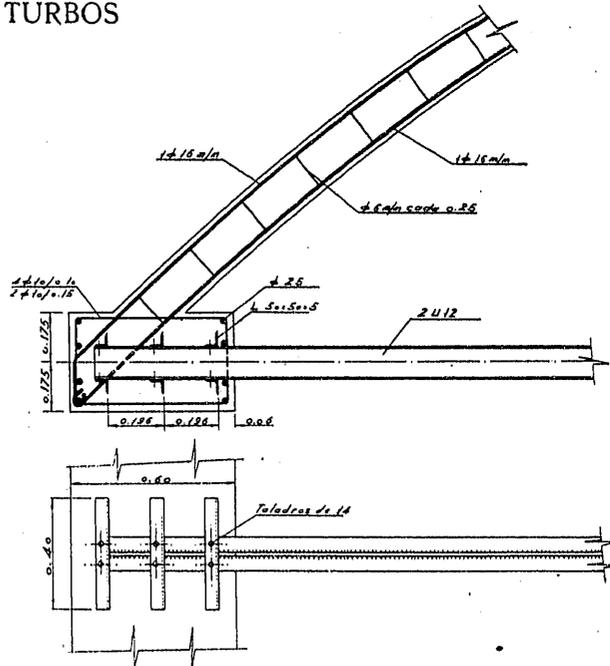
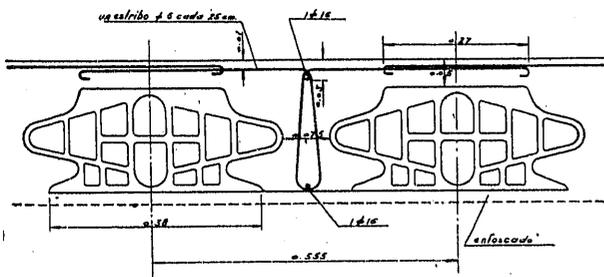
Estructura-pórtico de la fachada Sur de la nave de turbos.

SECCION POR ZONA DE VENTILACION



DETALLES DE LA BOVEDA DE LA NAVE DE TURBOS

SECCION NORMAL



DETALLE DEL ANCLAJE

vedas atirantadas inclinadas, que habían de construirse con material Río-cerámico. Con objeto de acortar el plazo de construcción, fué sustituido en ésta con una cubierta formada por cerchas metálicas y tableros de rasilla recubiertos de un mortero magro, sobre el que se clava la pizarra.

*Nave de turboalternadores.* — Esta nave tiene en su planta noble destinada para las máquinas principales una luz de 24,00 m. y su longitud es de 72,25 m.

Como ya hemos dicho, la planta inferior se destina a condensadores y otras instalaciones, siendo, asimismo, muy importante el canal de llegada del agua de refrigeración, situado bajo la planta en su parte Sur y con una profundidad de 8,50 m. y 3,50 de anchura mínima, con salientes en los que van situadas las bombas-hélice, de eje vertical, con motores de análoga disposición, que aspiran este agua para impulsarla a través de los condensadores, devolviéndola a otros pequeños canales de retorno, de 3,00 m. de profundidad y 2,00 m. de anchura.

Las cimentaciones de las máquinas se han calculado con arreglo a las Normas alemanas (1), interesantísimo trabajo llevado a cabo, bajo nuestra dirección, por el Ingeniero adjunto para el Proyecto y Dirección de las Obras, García de Sola y Moyano.

No nos extendemos más en este sugestivo tema, por cuanto esperamos que nos será posible publicar en fecha próxima un trabajo que reúna lo realizado en

el proyecto de estas fundaciones y las de los turbogrupos de la Central térmica de Puertollano, también proyectados por nosotros. Para dar, no obstante, idea de la disposición de estos elementos constructivos, publicamos una perspectiva de los mismos.

El piso de la sala de turbos se ha proyectado empujado en los pórticos de recinto y apoyado en las fundaciones de las máquinas por medio de planchas de plomo. Este sistema, aparte de introducir nuevas complicaciones en el cálculo de aquellas fundaciones, ha dado relativamente mal resultado, pues a pesar de que las cimentaciones de las máquinas no tienen apenas vibraciones, éstas son muy sensibles en algunos puntos del piso de la sala (1). La sobrecarga de cálculo para ésta ha sido de 1,5 Tn./m.<sup>2</sup>.

(1) "Richtlinien für den Bau von Bamperturbinen-Fundamenten in Eisenbeton". (Der Bauingenieur, 1933.)

(1) La disposición adoptada fué propuesta por Brown-Boveri.

Los vaporizadores y destiladores van colocados en una plataforma o mesa de hormigón armado sobre la planta de condensadores, y han sido calculados por las cargas reales de dichos elementos y una sobrecarga uniforme de 2,5 Tn./m.<sup>2</sup>.

Esta nave tiene sus fachadas Oeste, Norte y Sur entramadas con pórticos de hormigón armado; los últimos calculados, además, para la sobrecarga móvil de dos puentes-grúa de 50 Tn. cada uno. Particularmente interesante resulta el pórtico Sur, por cuanto en el mismo ha sido preciso dejar un enorme hueco para el paso de los transformadores al de montaje, conservando, en cambio, los ventanales de fachada, y que nos ha obligado a articular uno de los grandes pilares de 80 X 80 que sustenta la carrera del puente-grúa, que al mismo tiempo se ha aligerado para disminuir su excesivo peso propio, en la forma indicada en el croquis adjunto.

La fachada Este, y al igual que la de calderas, se cierra con fábrica de ladrillo, para permitir su demolición en el caso de ampliación de la Central.

La cubierta de la sala de máquinas se proyectó con una bóveda atirantada mixta de hormigón armado y pieza Río-cerámico, de luz teórica 24,44 m., con la principal colaboración del Ingeniero de Caminos Fernández Oliva, proyectista de dicha casa. Las bases de

cálculo para esta bóveda han sido las siguientes:

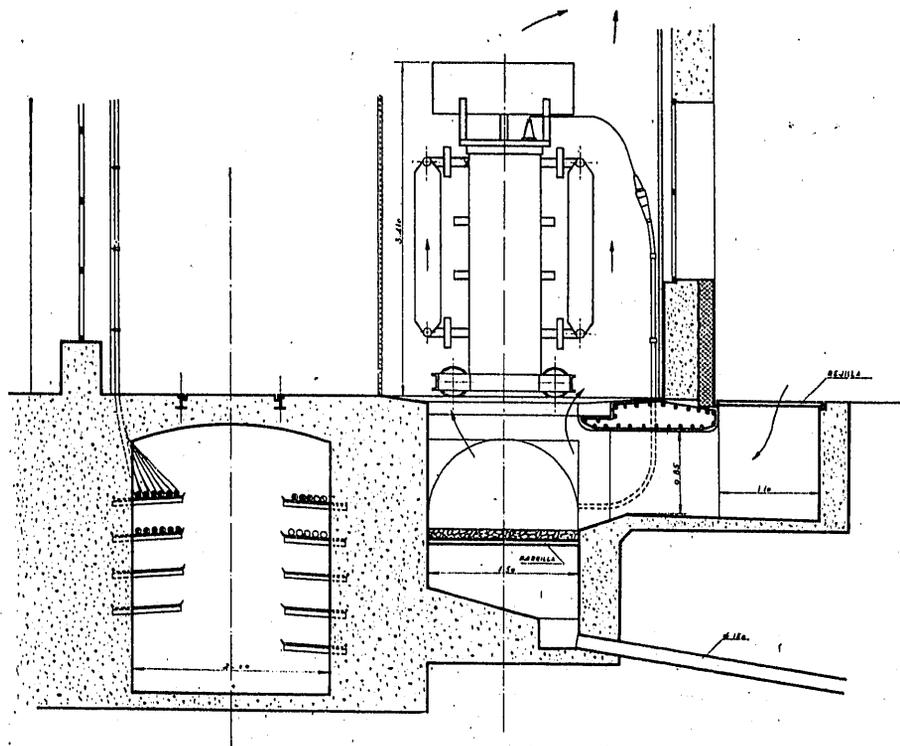
- 200 Kg./m.<sup>2</sup> de peso propio.
- 100 Kg./m.<sup>2</sup> de sobrecarga permanente en clave, aumentándose.
- 30 Kg./m.<sup>2</sup> en arranques por los tabiquillos que hubiera que disponer.
- 100 Kg./m.<sup>2</sup> de sobrecarga vertical accidental, considerada sólo en un lado de la cubierta para los efectos de nive y viento.

Elegimos como directriz el antifunicular de las cargas permanentes, que es una catenoide tipo Strassner con coeficiente de carga  $m = 1,3$ .

Para el cálculo se suponen las viguetas entre cada dos piezas como arcos triarticulados. Conocido el empuje horizontal del arco y la compresión y momento flector en riñones, hacemos la comprobación de la sección de hormigón por el método gráfico, resultando las tensiones:

Para el hormigón.....  $\sigma_h = 33 \text{ Kg./m.}^2$ .  
 " el acero.....  $\sigma_a = 450$  "

Con objeto de permitir la ventilación de la sala, en parte de su longitud se dejan aberturas en clave, que se consiguen suprimiendo las piezas cerámicas y con-



Sección transversal de la nave de 11 KV, y detalle de la ventilación de transformadores de servicios auxiliares y pozo de recogida de aceite.

virtiéndolos en otros de sección rectangular solamente de hormigón armado.

Los tirantes se disponen cada 5,00 m., y estaban proyectados con acero en redondos, sustituyéndose en la construcción por 2 U del P 12. Los pendolones están formados por acero  $\phi$  10, con amarre por tuercas para su templado.

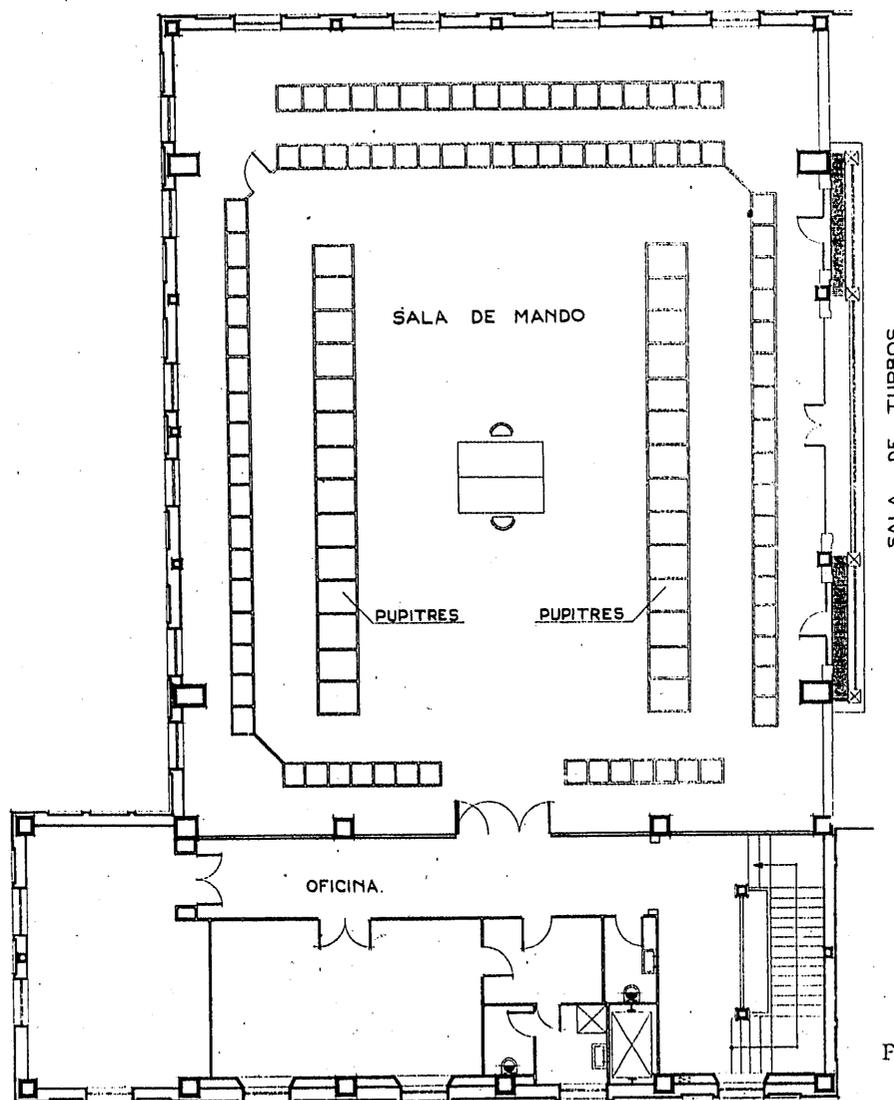
La separación de 5,00 m. entre tirantes exige el proyecto de una viga de cintura durmiente, calculada para el empuje horizontal de la bóveda.

Especial interés ha suscitado en el estudio del proyecto la elección del pavimento para esta sala, al tener que conjugar el factor estético con el de una serie de necesidades de conservación del mismo: desgaste, manchas de grasa, etc. Sin considerar esta solución como perfecta, nos decidimos a proyectar este pavimento con losetas cerámicas tipo Nolla.

Los muros interiores van pintados con esmalte sintético sobre los pórticos inferiores, y en los lienzos intermedios, óleo mate; el cuerpo superior y bóveda van pintados al temple.

*Nave de 11 KV.* — Esta nave se halla destinada a albergar todo el equipo correspondiente a la baja tensión de 11 KV y servicios auxiliares a 500 V, de acuerdo con los esquemas de la Central.

Su estructura de hormigón armado va unida con la del pórtico Sur de turbos, salvo en la planta intermedia, en que, de acuerdo con las exigencias de B. B. C., se ha proyectado con vigas metálicas en doble T (esto se ha hecho para permitir el paso de cables en una serie de puntos muy próximos, y que hacía incompatible un piso de hormigón armado con elementos de pequeña altura). La luz libre de esta nave es de 5,40 m.



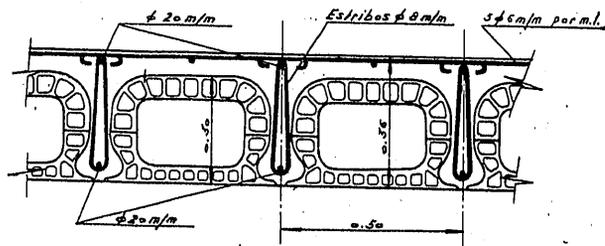
Plano de la sala de mando.

Interesante es la parte destinada a los transformadores de servicios auxiliares 11/05 KV, con una disposición cuidadosamente estudiada para la ventilación de los mismos, y que figura en un dibujo adjunto. Nos cumple citar en este punto la principal parte que en el proyecto de estos y otros elementos ha tenido el Ingeniero Ruiz Andreu, especialista, entre otras cosas, en problemas de ventilación de máquinas.

Bajo la planta inferior de esta nave corre una galería de cables, visible, que une la misma con el resto de la Central y la sala de mando. Asimismo, bajo esta nave salen galerías que comunican con el parque de alta tensión para la colocación de los cables de energía que unen barras 11 KV con los transformadores principales. Del extremo Este, de la primera galería saldrá otra más pequeña, asimismo visible, para los cables de energía y mando de la Central hidráulica de la Fuente del Azufre.

Todas estas galerías tienen muros de hormigón en masa y cubiertas con losas de hormigón armado las primeras, por razón de rasantes, y abovedada de hormigón en masa la última.

*Pabellón de mando.* — El elemento principal de este pabellón es la sala de mando, que está situada en la tercera planta y ocupa las tres crujías N. a continuación de la nave de turbos. Esta sala tiene en planta 20 x 25 m., y en la misma se han de montar los pupitres y paneles correspondientes no solamente a la Central térmica de Compostilla, con sus cuatro grupos, sino a la hidráulica de la Fuente del Azufre y al gran parque de alta tensión 11/132/220 KV para 12 salidas de línea. Esto explica las enormes dimensiones de la misma. En la planta inferior de estas crujías, que, como decimos, resulta exactamente en prolongación de la sala de condensadores, se dispone el taller eléctrico para las reparaciones correspondientes, el cual tiene acceso directo desde la sala de condensadores, a la cual se llega desde la sala principal de la Central por una amplia puerta y los correspondientes carriles para las máquinas. A la entrada del taller se deja un amplio hueco en el piso de turboalternado-



Detalle de los pisos construídos con piezas Río-cerámico de grandes luces.

res que permite el paso de los elementos de estas máquinas que deban ser reparados, así como el desmontaje de los transformadores con el auxilio de los puentes-grúa de la sala de turbos.

Sobre la planta del taller se proyecta situar otra, en la cual se instalen las baterías, telefonía de alta frecuencia, cuadro de servicios auxiliares, grupo Diesel auxiliar, compresores, etc. Esta planta se conoce con el nombre de primera planta.

La planta segunda se reserva toda ella para la llegada de cables que, por las chimeneas destinadas a los mismos, suben procedentes de las galerías subterráneas. Esta sala de cables, situada inmediatamente debajo de la de mando, lleva un falso piso de madera, bajo el cual se disponen los cables sin peligro de ser deteriorados.

La crujía Sur de este pabellón se destina, en sus diversas plantas, a oficina y servicios, aseos, vestuarios, botiquín, etc.

La estructura de este edificio es de hormigón armado, sin apenas nada digno de mención más que los grandes pórticos de 19,80 m. de luz que sustentan la cubierta de la sala de mando. Esta cubierta, en su parte central, es un gran lucernario de vidrio armado sobre perfiles especiales emplomados, y bajo el cual se proyecta, asimismo, la construcción de un falso lucernario para disminuir el volumen del puesto de mando y dar a éste mejores proporciones y aislamiento.

Los forjados de piso de este pabellón han sido proyectados con piezas Río-cerámico de 19 cm. en la crujía de oficinas para 5 metros de luz entre pórticos y sobrecarga de 500 Kg./m.<sup>2</sup>, mientras que ha sido preciso emplear las piezas del tipo de grandes luces en las plantas 2, 3 y 4 para sobrecargas de 1 500 Kg./m.<sup>2</sup> la primera, y 1 000 Kg./m.<sup>2</sup> las dos últimas. En la sala de mando que corresponde a la planta cuarta ha sido preciso proyectar de hormigón armado las zonas correspondientes al paso de cables bajo los paneles.

En el próximo artículo daremos cuenta de la forma y vicisitudes con que se han desarrollado estas obras, restándonos por el momento solamente citar ahora los nombres de aquellos principales colaboradores que con los ya nombrados nos han ayudado con sus conocimientos, inteligencia y esfuerzo en el desarrollo de este proyecto. Estos son los entonces alumnos de la Escuela y hoy Ingenieros de Caminos, José M.<sup>a</sup> Ortuño, Cañas y Martínez Izquierdo, y los Ayudantes de Obras Públicas Mira y Bertrán de Lis.

*Fe de erratas.* — En el artículo anterior se han deslizado dos erratas, una de ellas de calco, y la otra de imprenta. La primera se refiere a la escala de consumo de calor en kilocalorías/Kwh del gráfico histórico, la cual aparece de 200 a 600, cuando debe ser de 2 000 a 6 000. La segunda es el pie de la fotografía de los transformadores, que dice: "Modelos transformadores principales..." y debe decir: "Uno de los transformadores principales..."