

El suministro de energía eléctrica en Madrid

por RAFAEL SPOTTORNO y MANRIQUE DE LARA,
Ingeniero de Caminos.

ES interesante en Urbanología conocer las entrañas de la ciudad, y de entre tantas instalaciones que se ocultan a los profanos ojos de sus habitantes, cuyo conjunto les proporciona no pocas comodidades en su vida diaria, quizá la menos conocida del gran público, siendo probablemente la que más contribuye a dar vida y dinamismo a la población, es la que, mediante su complejo e intrincado sistema distributivo, conduce la energía eléctrica desde los centros de producción hasta todas y cada una de las viviendas, talleres, locales públicos, salas de espectáculos y, en general, a cuanto consumidor desee hacer uso de dicha energía en su hogar, fábrica, taller o cualquier otro centro de la actividad humana.

Este conjunto de elementos de distribución y producción debe disponerse siempre de tal forma, que ofrezca el máximo de garantías para proporcionar a los usuarios una continuidad, lo más perfecta posible, en el suministro, conservando además la mayor constancia en las características de la corriente.

Para conseguir esto último es indispensable disponer de secciones y capacidades suficientes en las canalizaciones y aparatos de generación y transformación de la energía para poder hacer frente, sin merma apreciable de la tensión y de la frecuencia, a las cargas requeridas por los consumidores, mientras que para alcanzar lo primero hay que establecer en el sistema el número preciso de puntos de alimentación, disponiendo entre ellos las interconexiones necesarias, para evitar toda interrupción del servicio, aunque se produzca un fallo en cualquiera de las alimentaciones dispuestas.

El problema, sencillo cuando se trata de la alimentación de núcleos urbanos o industriales de relativa pequeña importancia, se complica y agranda al afectar a las grandes ciudades, y en el caso de Madrid, alcanza todavía mayor complejidad, por darse en nuestra capital la circunstancia de que su suministro eléctrico se hace por medio de líneas de

diferentes tensiones, cuyo acoplamiento ha de hacerse a través de elementos de transformación, que limitan la potencia intercambiada.

A pesar de ello, el sistema alimentador de la capital de España ha alcanzado un grado de eficiencia realmente elevado, y buena prueba de ello la tenemos en que, durante la larga etapa de restricciones que sufrimos en nuestra ciudad, durante la cual alguna de las entidades que abastecen su mercado eléctrico sólo ha llegado a conseguir una producción, con sus propios medios (hidráulicos y térmicos), de menos de la mitad de su mercado restringido, se ha logrado suplir el déficit mediante las interconexiones establecidas con los sistemas productores del Norte de España (Duero-Hidroeléctrica, Ibérica-Cataluña-Viesgo-Aragón), a pesar de la enorme cifra que ha llegado a representar dicho déficit.

El suministro de energía a Madrid se efectúa, principalmente, por los dos grandes grupos productores: Hidroeléctrica Española y Unión Eléctrica Madrileña, cooperando con ambas Saltos del Duero, mediante su transporte desde el salto del Esla, y contribuyendo también al abastecimiento de la capital entidades productoras de menor importancia, como Hidráulica Santillana y Canal de Isabel II.

El conjunto de centrales que vierten o pueden verter su energía directamente sobre Madrid, es el siguiente:

Hidroeléctrica Española, S. A.

CENTRALES	Clase de Central	Potencia instalada KVA.
Millares	Hidráulica	75 000
Cortes de Pallás	"	37 500
Villora	"	30 500
Molinar	"	22 500
Tranco del Lobo	"	3 200
Batanejo	"	2 500
Melancólicos	Térmica	15 630
		<hr/> 186 830

Unión Eléctrica Madrileña, S. A. - Saltos del Alberche y Eléctrica de Castilla (grupo).

CENTRALES	Clase de Central	Potencia instalada KVA.
Burguillo	Hidráulica	37 500
Bolarque	"	23 700
Puente Nuevo	"	20 250
Villalba de la Sierra	"	13 000
Burgomillodo	"	1 650
Mazarredo	Térmica	18 200
		114 300

Saltos del Duero, S. A.

Eón	Hidráulica	111 000
-----------	------------------	---------

Hidráulica Santillana, S. A.

Marmota	Hidráulica	6 618
Navallar	"	3 223
Presa de Manzanares	"	430
Grajal	"	250
		10 521

Canal de Isabel II

Torrelaguna	Hidráulica	7 500
-------------------	------------------	-------

Potencia aparente total instalada, 430 151 KVA., que representa aproximadamente una potencia real, supuesto un $\cos \varphi$ de 0,8, de 345 000 kilowatios.

Es de advertir que tal potencia no se destina exclusivamente al servicio de la capital, ya que Saltos del Duero dedica la mayoría de su producción a la alimentación de casi toda Castilla y buena parte del mercado de Vizcaya; la Hidroeléctrica Española sirve de una manera básica la región levantina, desde Castellón a Cartagena, sobre cuyo consumo vierte la mayor parte de la energía que produce, y las disponibilidades de Unión Eléctrica Madrileña, Santillana y Canal de Isabel II, atienden también al mercado del resto de la provincia madrileña y a los de las de Guadalajara, Cuenca, Toledo, Ávila y Segovia.

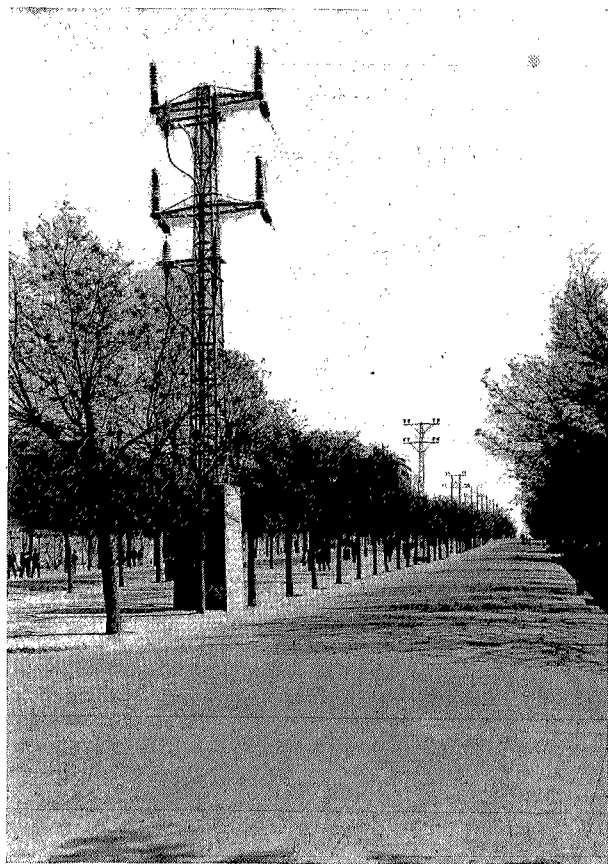
De todas maneras, Madrid puede contar con una potencia disponible superior a los 110 000 Kw., ampliamente capaz para la demanda de la capital que, en la actualidad, aun suponiendo al mercado totalmente libre de restricciones, no sobrepasaría en la hora de punta los 90 000 Kw.

Además de las centrales que directamente pueden suministrar energía a Madrid, enumeradas anteriormente, puede también contarse con el concurso

indirecto de otros centros de producción, como ya antes hemos apuntado, y de entre ellos, los más importantes son los de la zona Norte (Hidroeléctrica Ibérica y Electra de Viesgo), así como los de Cataluña y Aragón (Riegos y Fuerzas del Ebro y Energía e Industrias Aragonesas, principalmente), que, con sus interconexiones propias y con las que les unen con el grupo Duero, pueden, en determinadas circunstancias, aportar su energía al mercado de la zona cantábrica, aliviando a Duero de parte de su consumo, y liberando así un volumen de energía que puede destinarse a la capital. Este mecanismo se ha venido siguiendo sistemáticamente desde el pasado octubre para disminuir en Madrid las restricciones que desde el verano viene sufriendo nuestra ciudad.

¿Por dónde penetra en Madrid la energía que producen sus centrales abastecedoras?

El plano que reproducimos nos responde perfectamente a esta pregunta.



Fot. 1.ª — Línea a 46 KV., Cerro de la Plata-Salamanca, con una fase de reserva. Puede apreciarse la columna terminal del trazado aéreo, donde comienza el tramo subterráneo, dotado de cuatro cables de $1 \times 120 \text{ mm}^2$.

En él puede verse que la mayor parte de la misma accede por el S. y SW. de la ciudad, concentrándose en un corto trecho las llegadas de las líneas fundamentales de transporte de la energía procedente de las centrales hidroeléctricas que antes se han reseñado.

A la Subestación de Melancólicos, de la Sociedad Hidroeléctrica Española, llega una línea a 132 KV., con capacidad de transporte de 50 000 kilowatios. La misma potencia puede conducir la línea a 110 KV., que, procedente de los Saltos del Alberche, termina en la instalación transformadora del puente de la Princesa. Saltos del Duero puede también recibir en su receptora de la carretera de Extremadura, otros 50 000 Kw., a la tensión de 132 KV., y por último, al cerro de la Plata llega una potencia máxima de 25 000 Kw., generada en los Saltos de Bolarque y Villalba de la Sierra, transportada a la tensión de 46 KV.

Sólo una ínfima parte de la energía que llega a Madrid lo hace por el Norte, mediante los transportes de Hidráulica Santillana y Canal de Isabel II, que abastecen sus respectivas subestaciones de San Bernardo y Tercer Depósito, en las que terminan las líneas de transporte de ambas, a 15 KV. la de Santillana, y a 46 KV. la del Canal.

Entre todas las Subestaciones receptoras enumeradas se han establecido las debidas conexiones para conseguir el intercambio de energía que se pre-

cisa, entre ellas para garantizar en cada momento el abastecimiento de los distintos sectores de la población.

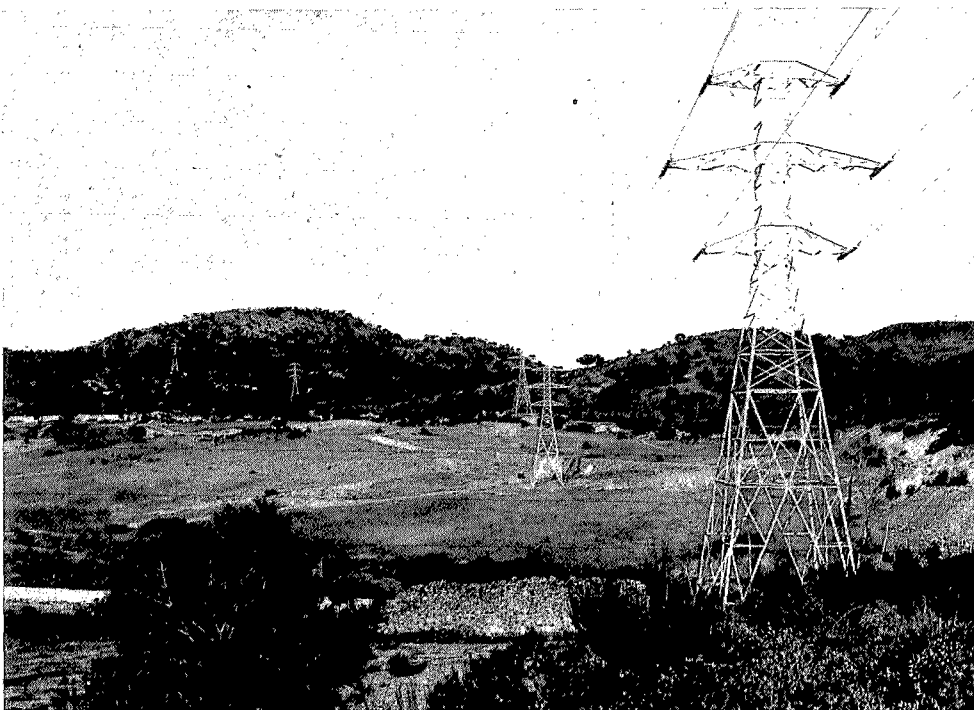
El Duero puede intercambiar con la Hidroeléctrica Española y con el grupo de Unión Eléctrica, potencias respectivas de 50 000 y 20 000 Kw., estando en proyecto la ampliación de la última hasta 40 000 Kw., cuya instalación quedará probablemente ultimada a mediados del año actual.

A su vez, Unión Eléctrica e H. Española pueden cederse mutuamente una potencia del orden de los 15 000 Kw., que podrá ampliarse hasta 30 000 mediante los proyectos que se están estudiando para desarrollarlos con la mayor celeridad.

Y, por último, también existen conexiones entre Canal y Santillana, con la Hidroeléctrica y la Unión, a través de sus centrales de San Bernardo y Norte, con modesta capacidad de interconexión, por serlo también las potencias puestas en juego.

La energía que llega a la capital por las distintas líneas de transporte de que hemos hecho mención, se transforma en las subestaciones principales, para repartirse por la ciudad mediante un conjunto de redes de estructura un tanto complicada, que pertenecen en su gran mayoría a tres entidades productoras o distribuidoras, que son:

Sociedad Hidroeléctrica Española. — Empresa productora fundamentalmente, que sólo ejerce la función de distribuidora sobre aquellos grandes abo-



Fot. 2.^a — Línea de transporte Alberche-Madrid, a 110 000 voltios.

nados que, por la cuantía de su potencia, deben conectarse directamente en las redes de alta tensión.

Compañía Electra Madrid. — Sociedad exclusivamente distribuidora, que reparte al mercado de baja tensión la energía adquirida a la Hidroeléctrica Española; y

Unión Eléctrica Madrileña. — Entidad productora y distribuidora, que atiende con su producción propia, y con la energía adquirida a terceros (principalmente a Saltos del Duero), al suministro directo, tanto a abonados de alta como de baja tensión.

Además de estas tres Empresas, también disponen de sistema distribuidor propio la Hidráulica Santillana, la Fábrica de Electricidad del Pacífico, la Compañía Eléctrica Industrial y la Eléctrica de los Carabancheles, en sectores más o menos amplios del término municipal de la capital; situados, principalmente, en la periferia de la población.

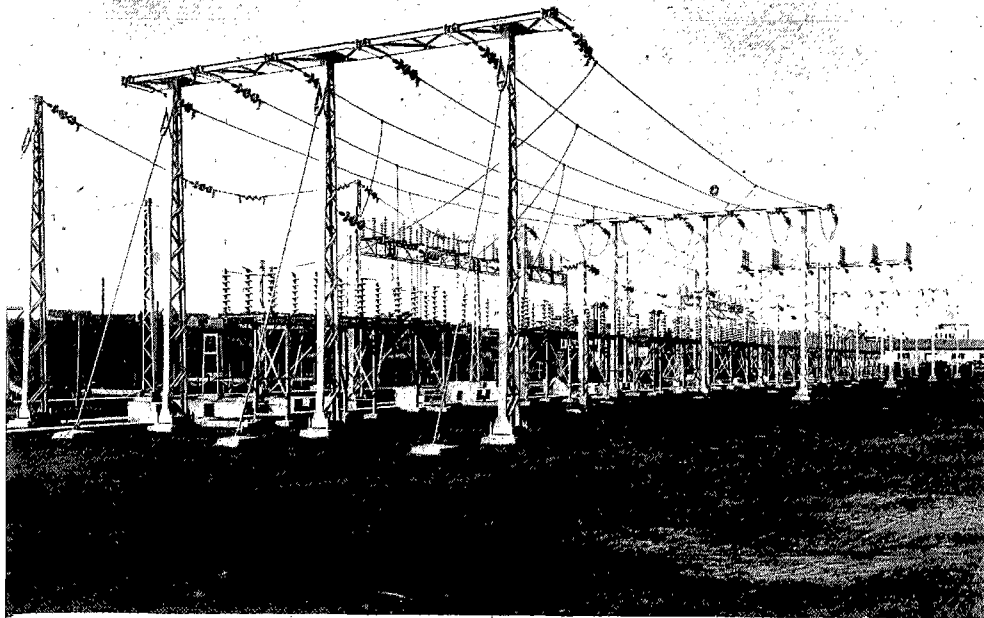
El esquema eléctrico de la distribución en Madrid se ha adaptado, hasta los meses centrales del año en curso, al clásico sistema de las dos tensiones: la alimentadora y distribuidora primaria, establecida en 15 KV. en casi toda la ciudad (salvo algunas redes, a extinguir, que aun trabajan a 6 y 3 KV.) y la propiamente distribuidora en baja tensión, formada por las antiguas redes de corriente continua, también en trance de desaparecer, que trabajan en sistema trifilar a 220 voltios entre extremos con neutro a mitad de voltaje, y las modernas de co-

rriente alterna, en esquema trifásico, sometidas a una tensión compuesta de 220 voltios y su correspondiente de 127 voltios entre el punto neutro y cada una de las fases.

En la actualidad asistimos a la iniciación de la reforma del esquema de dos tensiones pasando al de tres, por la adición de otra de cuantía superior y de función explícitamente alimentadora, cuyo valor se ha fijado en 46 KV., y de la cual el primer ramal en servicio lo constituye la alimentación de la Central repartidora de Unión Eléctrica Madrileña del barrio de Salamanca, situada en la calle de Goya, desde la Subestación del Cerro de la Plata (Bolarque), que presta servicio normal desde el pasado mayo, con un tramo subterráneo de 1 200 metros entre la esquina del Paseo del Doctor Esquerdo y la calle de Jorge Juan, hasta la mencionada Central.

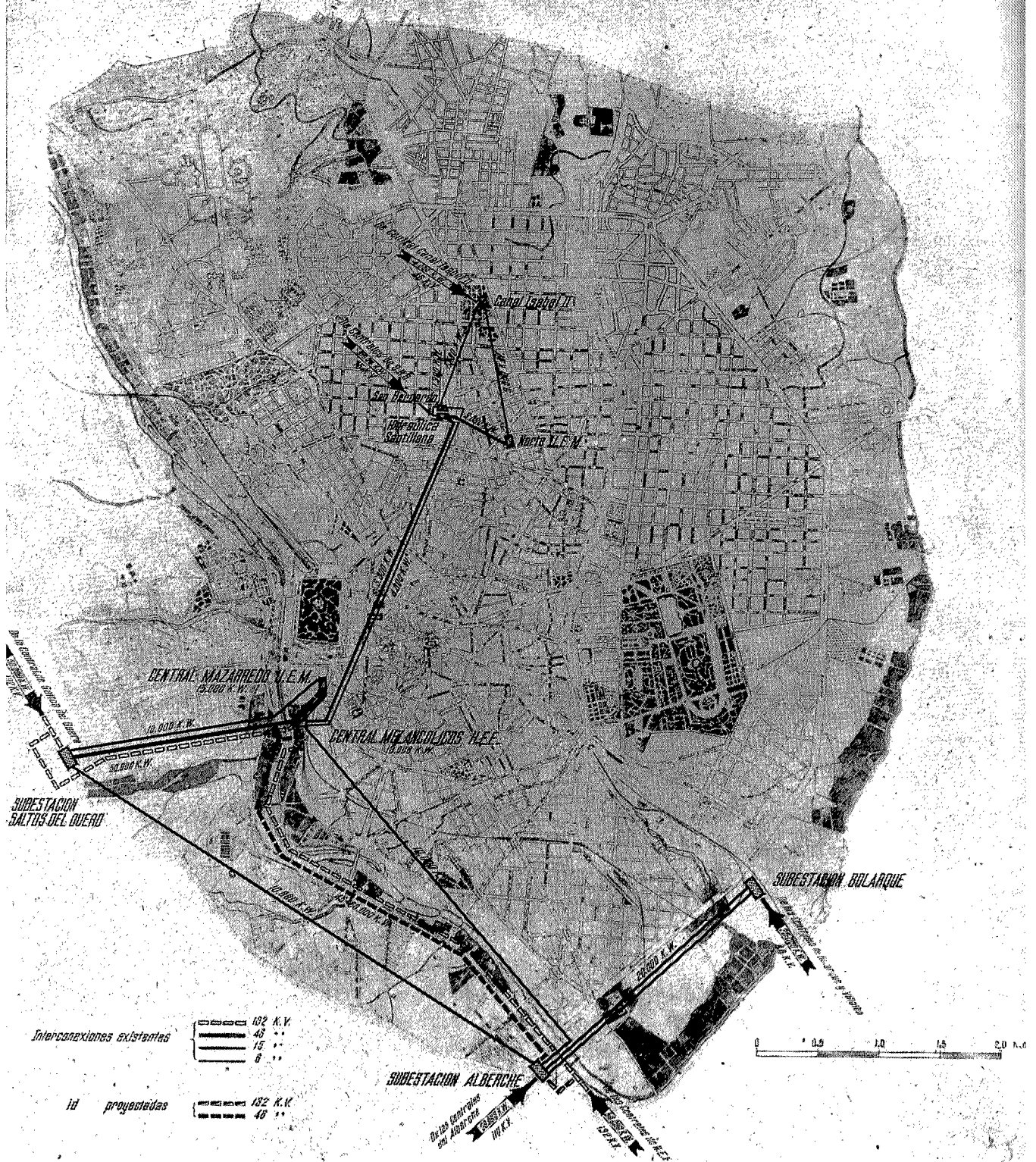
Esta canalización, en realidad, es la segunda que se tiende en Madrid con cable para 50 KV. de tensión de servicio; pero la primera, que fué ejecutada por la Sociedad Hidroeléctrica Española en los años anteriores a nuestra guerra de liberación, sólo se tendió en un trozo de su definitivo recorrido, y hasta la fecha trabaja a una tensión más reducida.

Las redes alimentadoras, cumpliendo su misión básica, unen las Subestaciones receptoras con las centrales de repartición establecidas en el interior de Madrid en lugares estratégicos, centrales que tuvie-



Fot. 3.^a — Subestación receptora del Puente de la Princesa.

ESQUEMA DE LAS ALIMENTACIONES ELECTRICAS DE MADRID Y SUS INTERCONEXIONES



Interconexiones existentes
 132 K.V. (dashed line)
 48 " (solid line)
 15 " (dotted line)
 6 " (dash-dot line)

Id. proyectadas
 132 K.V. (dashed line)
 48 " (solid line)

0 0.5 1.0 1.5 2.0 K.M.

ron su origen en la primitiva distribución de corriente continua, y en la gran mayoría de las cuales todavía giran (algunos desde hace más de cincuenta años) los grupos convertidores que generan en sus dinamos la corriente rectificada que alimenta las antiguas redes.

Casi todas estas centrales, de las que muchas fueron productoras mediante sus correspondientes generadores térmicos hoy desaparecidos, están cumpliendo en la actual etapa de transición el doble papel de convertidoras de la corriente alterna de alta tensión en continua de baja, y de repartidoras mediante nuevas redes de alta (generalmente, en 15 KV.), que, partiendo de ellas, abastecen al sinnúmero de casetas transformadoras que, repartidas por todo el ámbito de la ciudad, alimentan directamente las redes de baja tensión en corriente alterna que distribuyen la energía a los distintos edificios de la capital.

De estas centrales existen en Madrid 12: 5, de la Compañía Electra; 4, de Unión Eléctrica Madrileña; 2, de Santillana, y 1, de la Sociedad del Pacífico, repartidas geográficamente en la siguiente forma:

- 2 en el barrio de Salamanca (Goya y Claudio Coello).
- 2 " " Chamberí (Luchana y Palafox).
- 1 " " Argüelles (Buen Suceso).
- 1 " " Puente de Segovia (Mazarredo).
- 1 " " Paseo del Prado (Gobernador).
- 1 " " Centro (Aduana).
- 1 " " Abascal (Abascal).
- 1 " " Cuatro Caminos (Olite).
- 1 " " Sur (Amparo).
- 1 " " Puente de Vallecas (Pacífico).

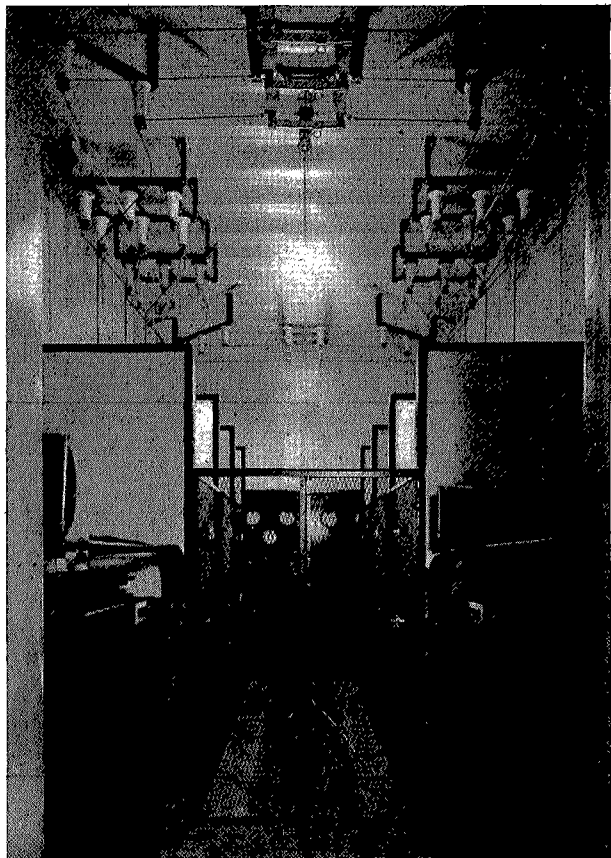
De las cuales, sólo las dos últimas se han liberado de su misión convertidora, asumiendo exclusivamente el papel de repartidoras, mientras en las restantes subsiste todavía la función de convertir la corriente alterna en continua para alimentar en esta clase de corriente a los numerosos abonados que aun se conservan en ella, en número aproximado de la mitad de los que constituyen la cartera del abono de las dos grandes entidades distribuidoras, Unión Eléctrica y Compañía Electra. Hidráulica Santillana también conserva parte de sus clientes en corriente continua, mientras que las otras tres distribuidoras, Pacífico, Eléctrica Industrial y Eléctrica de los Carabanchales, sólo disponen de redes de distribución en alterna.

Estas centrales disponen, de una manera general, de alimentaciones múltiples que garantizan,

dentro de lo humano, la continuidad en el suministro que desde ellas se hace, tanto a sus grupos convertidores como a las redes que de ellas parten, en las que están intercaladas las casetas urbanas de transformación, las cuales también disponen, en forma sistemática, de alimentación doble para la debida garantía en caso de avería en una de ellas.

En la fotografía núm. 4 puede verse el interior de una caseta subterránea con su sistema de embastrado en anillo, dotada de dos transformadores de 250 KVA. cada uno, y en la que se disponen seis celdas para alojar las entradas y salidas de sus cables alimentadores y de los interruptores automáticos que protegen a las unidades de transformación. Al fondo se aprecia parte de los paneles del cuadro de salidas en baja tensión, que alimentan a la red distribuidora.

Las redes del interior de la capital son en su casi totalidad subterráneas, con trazado en zanja por las aceras de sus calles, salvo en aquéllas que disponen de galerías de servicio, y sólo en la periferia, donde la urbanización y el trazado de vías pueden estar



Fot. 4.^a — Suministro de energía.

sujetos a rectificaciones, subsisten todavía los tendidos aéreos para las redes distribuidoras.

Por último, diremos algunas palabras sobre el suministro eléctrico a los dos sistemas principales de transportes colectivos de que disfruta Madrid, que son su ferrocarril Metropolitano y las líneas de tranvías.

Ambos trabajan en corriente continua a 600 voltios, utilizando la línea de trabajo y los carriles, respectivamente, como conductores de ida y vuelta de la corriente.

Al Metro se le suministra la energía en forma de corriente alterna, a 15 000 voltios, en sus Centrales convertidoras de Pacífico, Castelló y Olid, las que están conectadas entre sí mediante cables subterráneos a aquella tensión, y en cuyos dos extremos (Pacífico y Olid) se dispone de alimentación múltiple, procedente de las dos Empresas productoras Hidroeléctrica Española y Unión Eléctrica Madrileña. En la de Castelló existe, además, otra alimentación suplementaria, también en 15 KV., de Unión Eléctrica.

En la Central de Pacífico dispone, además, el Metro de una central Diesel de reserva, con tres grupos de 1 000 Kw. cada uno, de su propiedad.

De estas centrales parten los *feeders*, en corriente

continua, que alimentan las líneas de trabajo de los diversos tramos del ferrocarril.

Tranvías, por el contrario, recibe la corriente ya rectificada por los productores, y también dispone, por ahora, de tres puntos de alimentación: las centrales de Mazarredo y Gobernador, de la Unión Eléctrica Madrileña, y la de San Bernardo, donde tiene instalados los elementos de conversión la Hidroeléctrica Española. De ellas parten los *feeders* que alimentan las distintas líneas de tranvías de la capital.

En fecha próxima dispondrá la Compañía de Tranvías de un cuarto punto alimentador en la Central de Unión Eléctrica de la calle de Goya, donde muy pronto comenzará el montaje de dos rectificadores que ya han llegado a nuestra ciudad.

Ambos sistemas, como puede fácilmente apreciarse, son de diferenciación bien acusada; pero en los dos, la garantía es equivalente, y hasta ahora no puede afirmarse cuál de ellos ha dado mejor resultado en cuanto a seguridad de servicio se refiere. De todas formas, la tendencia actual se orienta a las alimentaciones múltiples en alta tensión, sistema que también se ha seguido en la reciente electrificación que la RENFE ultima actualmente en los trozos Madrid-Ávila y Villalba-Segovia.

