

invención del espíritu. La realidad suele ser más rica que todas las invenciones y en el más insignificante fenómeno nos ofrece á menudo combinaciones complejísimas de las más variadas influencias, de tal suerte que, si hubieran de traducirse en números exactos los incesantes é infinitos cambios que tienen lugar en plena naturaleza, libre del aislamiento del laboratorio, y sin las simplificaciones que nuestra limitación reclama de hipótesis y teorías, los más comprensivos moldes matemáticos y otros más amplios que pudieran imaginarse caerían al fin en defecto, impotentes ante el infinito, bajo el influjo del cual las discontinuidades se sueldan ó se desvanecen unas veces y otras brotan de la misma entraña de lo continuo.

Al mismo tiempo, no es menos cierto que un conjunto infinito de variables *realmente independientes* es por completo inabordable para el pensamiento humano, y que esas infinitas variables sólo podrán ser abarcadas cuando queden ligadas entre sí por alguna ley sencilla ó cuando sus influencias tiendan á extinguirse con su número, dejando sólo preponderantes las de un conjunto limitado. Sólo reduciéndose así á estudiar aspectos parciales puede llegar el mundo á ser comprensible.

Y de esta misma consideración puede surgir una duda. Mientras más complicada supongamos la realidad, más improbable será que podamos encontrar en ella, entre tantas funciones singulares, las individuales que hubiéramos hecho objeto de nuestro estudio. Este sería, á la postre, completamente estéril. Ciertamente que, desde este punto de vista, sólo habrá que esperar resultados importantes del estudio general de tales funciones y de las condiciones restrictivas que hicieran posible la existencia de límites, que se impusieran á la arbitrariedad de las variables; más el estudio particular de ejemplos aislados no por eso carecerá en absoluto de importancia. Familiarizará al menos con ciertos caracteres especiales del nuevo campo de investigación, hará surgir con más claridad las analogías, dará puntos de apoyo á las generalizaciones, y preparará, en fin, la labor constructiva de las más completas teorías del porvenir. Sin el estudio de las progresiones geométricas decrecientes, tal vez no se hubiera abordado nunca el de la convergencia de las series, y el conocimiento profundo de todo conjunto complejo exigirá siempre, en mayor ó menor medida, el examen atento y detenido de algunos de sus elementos, y muy especialmente cuando estos elementos pudieran ser considerados como elementos representativos.

Y esto es lo que habrá que tener siempre en cuenta ante ciertos reproches más ó menos velados que se han dirigido alguna vez á esta dirección crítica de las modernas Matemáticas. En una notable conferencia dada en Cambridge con motivo del último Congreso internacional de Matemáticos, Federico Enriques, al llamar la atención sobre este punto, se expresaba en los siguientes términos:

«Se ha destronado á los axiomas; roto el encanto de su investidura por derecho divino, esto es, su fundamento en una evidencia ó necesidad natural del espíritu humano, se los ha convertido en simples postulados; no son ya Principes ó miembros de una aristocracia hereditaria, sino funcionarios electivos de una república democrática, que pueden ser revocados ó sustituidos por motivos de economía ó simplemente de reforma.»

Y agregaba, que un Aristófanes podría también encontrar que el arbitrio ilimitado de elección amenaza con convertir esta democracia en una verdadera demagogia, donde funciones advenedizas usurparan el puesto á las funciones sencillas, pero honradas que satisfacían á los teoremas del Cálculo infinitesimal.

No hay que temer, sin embargo, que así ocurra. La utilidad y la fecundidad de los resultados impondrán siempre un límite á lo arbitrario en la elaboración de los conceptos matemáticos,

como ya lo reconocía el mismo ilustre Profesor de la Universidad de Bolonia, al recoger más tarde las enseñanzas de la historia de la ciencia, y si algunas nuevas funciones llegaran á conquistar algún día puesto preeminente, no lo sería sino tras un juicio severo en el que hubiera llegado á aquilatarse su mérito. En vez de caminar á la anarquía, la ciencia tiende, al parecer, siguiendo el símil, hacia una organización social más compleja, pero más impersonal, donde las reuniones de notables sean sustituidas por masas conscientes, y las individualidades se confundan en el conjunto. Rota en la base, la continuidad escalará la cima para dominar el campo con fórmula más comprensiva y fecunda.

De todos modos, el objeto de estos ligeros apuntes es mucho más modesto. Sólo aspiran á vulgarizar entre nosotros ideas y conceptos que han llegado á ser fundamentales en las Matemáticas modernas.

PEDRO M. GONZÁLEZ QUIJANO.

Las fábricas de la Compañía Parisiense de distribución DE ELECTRICIDAD

(Conferencia dada por Eduardo Imbs, Ingeniero de Ponts et Chaussées é Ingeniero-Jefe de la Compañía Parisiense de distribución de electricidad, en la Sociedad de Ingenieros civiles de Francia. El autor, después de hacer historia de la distribución de electricidad en París antes de 1907 y de un estudio del convenio llevado á cabo entre los Sectores y la Compañía Parisiense de distribución de electricidad, da una descripción muy detallada de la red de distribución, así como de las dos nuevas fábricas de dicha Compañía, situadas una al Norte y otra al SO. de París.)

La distribución de electricidad en París antes de 1907.

Á pesar de haber sido Francia la primera nación donde se utilizó la invención de Gramme, que fué el punto de partida de la industria eléctrica, anteriormente á 1889 sólo se habían hecho en París algunas modestas tentativas de pequeñas fábricas eléctricas en el Palacio Real, en Montmartre, con distribución por canalizaciones instaladas sobre los tejados y algunas instalaciones particulares en los almacenes.

Se estaba en el origen de las aplicaciones de la electricidad.

Sin embargo, desde este año citado los sectores eléctricos de París empezaron á tomar incremento, y á esta época se remontan las concesiones otorgadas sucesivamente por la ciudad á las seis Sociedades que han asegurado la explotación hasta el 1.º de Enero de 1914.

Los seis antiguos sectores producían y distribuían la energía eléctrica, empleando distintos procedimientos, en cada una de las seis zonas que les habían sido concedidas.

La Compañía Parisiense del aire comprimido y el sector de la plaza Clichy habían adoptado una red de cinco hilos, corriente continua á 440 voltios.

La Compañía Continental Edison, una red de tres hilos, corriente continua á 220 voltios.

La Sociedad de alumbrado y fuerza por electricidad, una red de dos hilos, corriente continua á 110 voltios.

El sector de los Campos Elíseos y el de la Rive Gau-

che instalaron una red alterna monofásica á alta tensión, 3.000 voltios, con transformadores en el domicilio de los abonados.

Cada uno de estos sectores producía la energía necesaria para el consumo de su zona, en un número de fábricas relativamente considerable que comprendía, además de las centrales exteriores de Levallois, Issy-les-Moulineaux, Saint-Denis, Saint-Ouen y en París la central Jémmapes, una docena de pequeñas fábricas en el interior de la ciudad.

Cuatro de las concesiones á los sectores caducaban en Abril de 1907, las otras dos en el año 1908.

Desde 1905, la ciudad de París tenía en estudio la re-organización de los servicios eléctricos de la capital.

Estos estudios y las negociaciones entabladas en esta época dieron por resultado un convenio que se firmó el 5 de Septiembre de 1907.

Convenio de 1907.

Por este Convenio se concedió al conjunto de los seis sectores representados por el Comité de la Unión de los sectores, la distribución de toda la energía eléctrica en la ciudad de París por un período provisional que expiraría el 31 de Diciembre de 1913 y á la Compañía Parisiense hasta 1940.

Con arreglo á este convenio la ciudad se ha convertido en asociada del concesionario en el reparto que hacen entre los dos, de los ingresos brutos y de los beneficios de explotación, le ha asegurado además el monopolio del alumbrado público y privado y de la instalación por encima y debajo de la vía pública de las canalizaciones destinadas á este alumbrado.

Se ha impuesto por la ciudad á los concesionarios un programa técnico de las obras de primera instalación. Las instalaciones ejecutadas pasan *ipso facto* á ser propiedad de la ciudad.

La Compañía Parisiense de distribución de electricidad paga todos los gastos; durante el período provisional ha dejado al Comité de la Unión de los sectores la ejecución de la parte del programa que se refiere á la red de distribución; ha edificado por sí misma sus nuevas fábricas de producción.

El programa técnico impuesto por el Convenio de 1907 comprende, en grandes líneas, lo siguiente:

En lo que se refiere á la Red:

La creación y arreglo de las subestaciones, centros de acoplado y estaciones de transformación destinadas á recibir la corriente de alta tensión producida por las nuevas fábricas centrales y asegurar la distribución.

La colocación de las canalizaciones primarias para unir las fábricas á las subestaciones y centros.

Por último, en lo que se refiere á la producción de corriente, la construcción de dos fábricas centrales al Norte y al SO., de París, que produzcan en corriente alterna difásica 12.300 voltios 42 períodos, la corriente primaria, conducida por una red de canalizaciones primarias á las subestaciones y centros de acoplado.

Se eligió la corriente alterna difásica á 42 períodos, 12.300 voltios, porque, primeramente, la difásica permitía más fácilmente la separación y equilibrio de las fases para la alimentación de las redes monofásicas de la Rive Gauche y de los Campos Elíseos, y segundo, porque existían

en 1907 instalaciones en difásica en algunas fábricas de los proveedores, á los que los sectores tenían que recurrir para poder surtir á los aumentos de consumo durante el período provisional necesario para la construcción de las nuevas fábricas.

Antes de describir las instalaciones de las fábricas resumiremos brevemente las instalaciones de la red y de la distribución para las que se ha organizado la producción de corriente, según el régimen técnico definido en la convención de 1907 y actualmente realizado.

Red.

París está dividido en tres zonas:

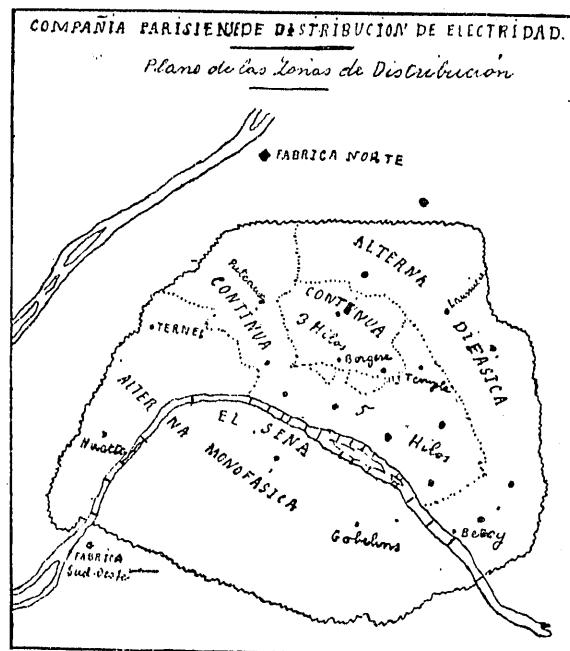
1.º La zona de corriente continua que se extiende en el centro de París, en la orilla derecha y sobre las antiguas zonas de los cuatro sectores del aire comprimido, de la plaza Clichy, Edison y Alumbrado y Fuerza.

Esta zona de corriente continua se divide á su vez en dos, red de cinco hilos y de tres.

La red de cinco hilos (cuatro puentes á 110 voltios) está constituida por cinco cables armados yuxtapuestos á los que afluyen los empalmes de los abonados.

La red de tres hilos (dos puentes á 110 voltios) comprende parte de cable sin armar extendido sobre porcelana en canalizaciones subterráneas y parte en cables armados (tres cables yuxtapuestos).

2.º La zona alterna monofásica, cubre las regiones de la Rive Gauche y del Oeste de París, servidas anterior-



Plano de la red primaria actual de la Compañía Parisiense de Electricidad.

mente por los antiguos sectores de los Campos Elíseos y de la Rive Gauche.

Esta zona está constituida por cables armados concéntricos á 3.000 voltios colocados en tierra.

3.º La zona difásica alimenta los barrios de una nueva región al NE. de París, que anteriormente á 1907 no estaba alimentada.

La red está constituida por cables armados en cinco conductores alimentados por *feeders*, que parten de las estaciones de transformación. Uno de los conductores, unido directamente á los puntos medios de los enrollamientos secundarios de los transformadores, comunica con

tierra y constituye el hilo neutro de la distribución difásica á 4×100 voltios.

Se ha elegido el sistema de distribución difásica en cinco hilos por razones de economía y de su flexibilidad para servir á la vez para el alumbrado y para la fuerza motriz.

Aparte de los métodos de distribución de que acabamos de hablar existe también otro de alta tensión por cables á 12.500 voltios difásicos para servir á algunos abonados que hacen gran consumo de luz y de fuerza motriz.

Como se observa, se ha respetado todo lo posible el estado de cosas preexistente, limitándose á transformar la antigua red continua de dos hilos en tres ó en cinco. También se han limitado los gastos importantes, que hubiese ocasionado una unificación más completa, y se ha evitado el abrir zanjas en las calles de París, cuyos inconvenientes son de sobra conocidos.

El conjunto de las canalizaciones en las calles de París alcanzaba en 1907 556 kilómetros, y en 31 de Diciembre de 1913 llegó hasta 1.143. Se han colocado, pues, en siete años cerca de 600 kilómetros de canalizaciones nuevas, sin contar la transformación de 56 kilómetros de canalizaciones de dos hilos en otras de tres y de cinco hilos.

Distribución.

La distribución de la energía eléctrica en cada una de las tres zonas se efectúa por medio de las subestaciones y centros de acoplado, que reciben la corriente producida por las fábricas por canalizaciones de alta tensión llamadas primarias.

Subestaciones.

ZONA DE CORRIENTE CONTINUA

Esta zona está alimentada por doce subestaciones que transforman la corriente facilitada por las fábricas en corriente continua de 440 voltios por la red de cinco hilos y de 220 voltios por la red de tres hilos.

En estas subestaciones se hallan instalados transformadores rotativos constituídos casi exclusivamente con conmutadoras y con grupos motores generadores asincrónicos.

Los progresos efectuados en la construcción de estas máquinas han llegado á poder instalar grupos de 1.500 kilovatios, cuando en 1907 la potencia máxima por grupo estaba limitada á 750 kilovatios.

La combinación del empleo de los dos tipos de grupos en proporción conveniente, tiene por objeto el permitir, gracias á los grupos asincrónicos, la carga progresiva de la red en caso de parada completa, beneficiándose al mismo tiempo, debido á las conmutadoras, con un rendimiento medio satisfactorio y con las ventajas de una marcha más silenciosa.

Las subestaciones de la zona continua comprenden dos juegos de barras de alta tensión, que permiten la doble alimentación, sin riesgo de la colocación en paralelo de los dos orígenes de corriente y un juego de barras de baja tensión del cual consumen los grupos transformadores. También hay instaladas en ellas baterías de acumuladores, que sirven para socorro en caso necesario.

La potencia instalada en las subestaciones de la zona continua representa, aproximadamente, 67.000 kilovatios, y podrá elevarse á 97.000 con una sencilla adición de material.

ZONA MONOFÁSICA

Esta zona, que se extiende por ambas orillas del Sena, se compone de cuatro subestaciones, que transforman la corriente 12.300 voltios de las fábricas, rebajándola á la tensión de 3.000 voltios.

La dotación primaria de estas subestaciones se realiza por medio de un rizo seccionado, en el cual empalman las primarias de los transformadores por medio de invertidores que permiten tomarlas en una ú otra fase para mantener el equilibrio, á pesar de las variaciones de la red.

Del lado secundario los transformadores están unidos invariablemente á dos juegos de barras monofásicas rizadas, que permiten la alimentación de todos los *feeders* en todas las hipótesis de marcha de los transformadores.

Los primeros transformadores que se instalaron eran de 600 kilovatios. El rápido desarrollo del consumo y la necesidad de utilizar el terreno y los edificios en las condiciones más ventajosas ha obligado á llegar á 1.200 kilovatios y más adelante á 1.500 kilovatios de potencia unitaria.

El tipo de los transformadores es de enfriamiento por el aire, asegurando la circulación de éste por medio de ventiladores eléctricos alimentados por una canalización especial á bajo voltaje.

La potencia instalada en las subestaciones de la zona monofásica es de 36.000 kilovatios-amperios, pudiendo elevarse más adelante á 43.000.

ZONA DIFÁSICA

En esta zona la corriente que viene de las fábricas á 12.300 voltios se recibe en los centros de acoplado sobre barras de alta tensión, que la reparten entre un gran número de *feeders*, que van á terminar en las estaciones de transformación.

Los centros de acoplado son cinco. Las estaciones de transformación, que son ciento, comprenden dos transformadores monofásicos de una potencia de 60 á 120 kilovatios cada uno, que empalman con cada una de las fases del *feeder* que alimenta á la estación. Estos transformadores tienen en baja tensión un borne común, al que se adapta el hilo neutro.

La potencia instalada en la zona difásica es, aproximadamente, de 18.000 kilovatios-amperios.

CANALIZACIONES PRIMARIAS

Desde 1907, la distribución de corriente en algunas subestaciones existentes estaba asegurada por medio de canalizaciones de alta tensión, llamadas primarias, las que conducían á estas subestaciones la energía producida en las fábricas.

Uno de los sectores, el Edison, había ya construído en esta época nueve kilómetros, aproximadamente, de galerías subterráneas, análogas á las del alcantarillado, para colocar los cables que conducían la energía desde su fábrica de Saint-Denis á sus subestaciones de París.

El Comité de la Unión de los sectores, desde principios de 1907, se vió precisado á desarrollar ampliamente la red de canalizaciones primarias, para recibir de la Société d'Electricité, de París, del trifásico y del Ouest-Lumière, los aumentos de energía eléctrica, á los que no podía sa-

tisfacer con la sola producción de las fábricas de los sectores.

La comparación de las ventajas presentadas por el sistema de canalizaciones en galerías, sobre el de colocación de los cables en tierra, condujo á recurrir al primero de dichos procedimientos, siempre que un gran número de cables tuviesen que seguir el mismo trazado, y esto, no solamente en las canalizaciones primarias de alta tensión que unen las subestaciones á las fábricas, sino también en algunas galerías de unión entre subestaciones en ciertos trozos de galerías de partida y conducción á los alrededores de las subestaciones y en ciertas galerías de *feeders* á baja tensión en las regiones de gran consumo.

Por estas razones se ha llegado á construir una importante red de galerías subterráneas que alcanza cerca de 30 kilómetros.

Las canalizaciones primarias cuya longitud total excede de 450 kilómetros, están constituidas por cables armados de 4×100 milímetros cuadrados é instalados en las galerías sobre tablillas de hormigón armado.

Las galerías de las fábricas dispuestas para recibir un total de 74 cables, permiten eventualmente el transporte en París de 200.000 kilovatios. En el recorrido de algunos de estos cables se han instalado invertidores en aceite reunidos en dos cámaras de seccionamiento; colocadas una en la fábrica Norte y otra en la subestación Puteaux, las cuales permiten eventualmente la intervención de socorros de fábricas extrañas.

Producción de la corriente.

FÁBRICAS

Disposiciones de conjunto.

Programa impuesto.—La convención del 5 de Septiembre de 1907 no había hecho más que esbozar el proyecto de instalación de las fábricas. Las había fijado en el número de dos: una debía estar situada al SO. y la otra al Norte de París. Se especificaba que las fábricas producirían corriente alterna difásica á 12.300 voltios 42 períodos, que deberían instalarse en las orillas del Sena y enlazadas con la vía férrea.

Para la fábrica del SO. se fijaba una potencia de 25.000 kilovatios, y para la del Norte se limitó provisionalmente á igual cantidad, pero quedando facultada la ciudad para elevarla á 50.000 durante el período transitorio de 1907 á 1914.

Este es, sumariamente, el programa que la ciudad impuso á su concesionario, y á éste correspondía desarrollarlo y realizarlo para 1914 de acuerdo con la ciudad.

El estudio detallado de la construcción é instalación de estas dos fábricas no fué emprendido inmediatamente por la Compañía Parisiense de distribución de electricidad.

Aparte de las razones materiales que retrasaban necesariamente la elaboración de este programa, detalles de otros motivos (la busca de terrenos, difícil de encontrar), indujeron á la Compañía á no darse demasiada prisa.

El problema de la construcción de las grandes centrales de vapor se hallaba, en efecto, hacia 1907 en un período de transformación.

Se acababa de comenzar en Europa la instalación de

las fábricas de turbina de vapor. Ocurría un enorme aumento de las potencias en juego y, sin embargo, no se realizaba todavía más que unidades de muy poca potencia.

Perfeccionamientos incesantes, pero no definitivos todavía, se introducían en la construcción de las turbinas; era la época de las luchas entre los modelos europeos horizontales Parsons, Zoelly y el americano vertical Curtis.

¿No se discutía todavía en esa época sobre las ventajas respectivas de la condensación por superficie única empleada actualmente en las grandes centrales y de la condensación por mezcla, que tenía aún fervorosos partidarios?

¿Cuáles no eran en este momento los temores de la marcha en paralelo de alternadores de gran potencia, temores que justificaba la inexperiencia de la capacidad de rotura de los disyuntores á causa del voltaje elevado?

En lo que se refiere á la producción del vapor, se dudaba de la realización de grandes unidades que ocupasen poco espacio.

También existía la tendencia naciente del empleo del motor Diesel.

En fin, era la época de los últimos sobresaltos, pero todavía muy vivos, de la lucha entre las máquinas de émbolos de motores accesorios y las máquinas rotativas.

Es preciso volver la vista ocho ó diez años atrás y hacer abstracción de los conocimientos adquiridos posteriormente, para poder darse cuenta de la imprecisión de las tendencias de la época.

Ahora bien, para la Compañía Parisiense de distribución de electricidad se trataba, no de empezar en pequeño una empresa cuyo desarrollo se continuaría á medida de las necesidades, sino de realizar de una vez la instalación de fábricas capaces de satisfacer á las necesidades del consumo de París en 1914.

Era preciso llegar á tiempo, pero sin partir demasiado pronto, de modo de aprovechar en la preparación de los proyectos los últimos perfeccionamientos de la Ciencia y llegar á 1914 con fábricas que no estuviesen ya anticuadas, sino, por el contrario, provistas del material más perfeccionado, más seguro y más económico.

Fijación de la potencia.—Desde 1907 el desarrollo del consumo en París había progresado sucesivamente de modo tal, que se calculaba que para 1914 se haría preciso una potencia de 75.000 kilovatios, aproximadamente.

También la Compañía Parisiense de distribución de electricidad, de acuerdo con la Administración de la ciudad de París, consideró que era necesario la inmediata instalación de las dos fábricas con una potencia total de 75.000 kilovatios útiles, de los cuales 25.000 para la fábrica del SO. y 50.000 para la fábrica Norte.

Los hechos han confirmado estos cálculos. Cuando en 1900 la potencia máxima era, en cifra redonda, de 22.000 kilovatios y el consumo de 30 millones de kilovatios-hora en 1907 alcanzó la potencia cerca de 39.000 kilovatios por un consumo de 47 millones de kilovatios-hora, y, por último, en 1913 estas cantidades excedieron de 66.000 y 87 millones, respectivamente.

H.

(Continuará.)