

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.19
19 de diciembre de 1960

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

México, 31 de julio a 12 de agosto de 1961

LA COORDINACION DE LAS PRODUCCIONES HIDRO Y TERMoeLECTRICA
LA SITUACION ITALIANA Y LAS EXPERIENCIAS DEL GRUPO EDISON

Por

Grupo Edison

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

INDICE

	<u>Página</u>
1. Introducción	1
2. El problema de la integración entre producción hidro y termoeléctrica	1
3. Características de los gráficos de carga	3
4. Criterios para el empleo de los distintos tipos de plantas productoras con arreglo a las exigencias de los gráficos de carga	5
5. La experiencia de la industria eléctrica italiana en el campo de la integración entre producción hidro y termoeléctrica	9
6. Conclusiones	12
Anexo	13
Resumen	19

1. Introducción

Los problemas relativos a la integración de las centrales hidráulicas y térmicas adquieren trascendental importancia para la economía de la energía eléctrica de los países con producción energética mixta. De este modo, en la fase de planeamiento como en la de ejecución, una coordinación racional de ambos sistemas de producción es fundamental para conseguir el aprovechamiento máximo de los recursos energéticos y para la realización de un sistema productivo técnicamente eficiente y económicamente ventajoso.

El presente informe tiene por finalidad bosquejar algunos de estos problemas y examinar sus principales aspectos técnicos y económicos desde un punto de vista general. Se hablará luego de las experiencias de la industria eléctrica italiana en este campo, las cuales ofrecen un interés especial en sus diversos aspectos, puesto que Italia, a pesar de sus extraordinarios progresos en el terreno hidroeléctrico, ha tenido que enfrentarse desde los comienzos con los problemas de la coordinación hidráulico-térmica, a raíz de la importancia cada día más notoria adquirida por la producción termoeléctrica.

El bosquejo que sigue se completará con una somera reseña de algunas de las realizaciones más significativas del Grupo Edison, el cual, con una potencia instalada de unos 3 500 MW y una producción anual que rebasa los 10 000 millones de kWh, constituye la empresa de electricidad más importante de Italia.

2. El problema de la integración entre producción hidro y termoeléctrica

El problema de la integración entre producción hidro termoeléctrica es común para todos los países de producción mixta, aunque presenta gradaciones diferentes según la situación peculiar de cada país.

En aquellos países de recursos hidroeléctricos abundantes y técnica y económicamente aseguibles, pero con escasez de combustibles, la industria eléctrica se polariza, por regla general, en la producción hidráulica, con el doble fin de aprovechar en el interés de la economía general los recursos naturales y de rescatar, dentro de lo posible y conveniente, el

/abastecimiento de

abastecimiento de energía de la servidumbre de los mercados extranjeros.

En dichos países, la importancia de la producción termoeléctrica es, por lo común, escasa y se limita a tareas particulares, aunque en determinadas circunstancias su valor se acrecienta por estar vinculada a la necesidad de garantizar en todo momento la continuidad en el suministro de energía. En efecto, la producción de energía hidroeléctrica se caracteriza por su estrecha subordinación al régimen hidrológico, y puede suceder que la mayor disponibilidad de agua no se presente en los momentos en que la demanda de energía eléctrica sea mayor. Como es sabido, la construcción de embalses de carácter estacional, que permiten acopiar el agua afluída durante ciertos meses del año para explotarla durante los meses en que los abastecimientos naturales no serían suficientes para cubrir las necesidades del consumo, puede aliviar, hasta cierto punto, dicha dificultad.

Sin embargo, aun cuando se acuda a este expediente, puede ocurrir que en un año de excepcional estiaje la capacidad de almacenamiento de los depósitos estacionales resulte insuficiente. De aquí nace la conveniencia de disponer de una reserva de instalaciones termoeléctricas que puedan entrar en función en los casos de emergencia. Las funciones de las plantas termoeléctricas pueden, empero, no quedar limitadas a la simple integración de la producción hidroeléctrica en los años de estiaje excepcional, ya que la capacidad total de los embalses podría resultar insuficiente para garantizar una adecuada integración estacional, incluso en los años de normalidad hidráulica. En este caso puede también confiarse provechosamente a la producción termoeléctrica la tarea de compensar la escasez de producción hidroeléctrica en el curso del año normal.

Por último, hay que considerar la eventualidad de que la mayor parte de la producción hidroeléctrica se consiga por medio de instalaciones de aguas corrientes que no ofrezcan una suficiente seguridad de regulación; en tal caso, las centrales termoeléctricas, además de realizar la integración estacional con la producción hidráulica y de constituir la reserva para los años de estiaje, pueden también aprovecharse para hacer frente a las "puntas" de los gráficos de carga, y, por consiguiente, en su planeamiento debe contemplarse una elasticidad de funcionamiento adecuada.

/Los problemas

Los problemas de la coordinación entre la producción hidro y termoeléctrica pueden tomar también un aspecto diferente, por ejemplo, si el conjunto del sistema productivo de un país dotado de recursos hidroeléctricos se desarrolla en el sentido de que el más alto porcentaje del total de la energía eléctrica disponible corresponda a la producción termoeléctrica, en razón del agotamiento progresivo de dichos recursos o por otras causas relacionadas con las disponibilidades de las diferentes fuentes energéticas. Por consiguiente, las instalaciones termoeléctricas ya no se limitan al simple papel accesorio de integración que acabamos de ilustrar más arriba, sino que intervienen en forma más amplia, incluso para cubrir la base de los gráficos de carga. Esta variación de funciones influye, como es lógico, en los criterios de planeamiento y de trabajo de las instalaciones termoeléctricas, y por tanto en los de las centrales hidroeléctricas mismas.

No siempre, sin embargo, en los países que cuentan con recursos hidráulicos, la industria eléctrica se concentra en el aprovechamiento inmediato de estos últimos. Esto ocurre sólo a veces, por ejemplo, en países de considerable extensión territorial, en los cuales los recursos hidráulicos, aunque abundantes, se hallan ubicados a gran distancia de los centros de consumo, por cuya razón los costos de transporte de la energía pueden resultar exorbitantes, al menos en un primer momento, o sea, hasta cuando el aumento de los consumos permita la adopción de sistemas de muy alta tensión y de elevada capacidad de transmisión.

Por lo que acabamos de decir, se hace evidente la variedad de aspectos que el problema de la coordinación entre producciones hidro y termoeléctricas ofrece. Claro está que la solución de dicho problema se halla subordinada a las exigencias de la red de suministro, es decir, a las características de los gráficos de carga.

3. Características de los gráficos de carga

Como se sabe, los gráficos o diagramas diarios de las redes eléctricas, aunque pueden variar en el tiempo y de un país a otro, presentan por regla general, al compararlos entre ellos, algunos elementos comunes. Con el objeto de caracterizar, con arreglo a dichos elementos, la energía absorbida

/por una

por una red, es conveniente distinguir cuatro clases de energía, según puede verse en el gráfico I, que reproduce sólo como ejemplo los diagramas típicos de mínima y de máxima carga de la red italiana en el curso del año:

- a) Energía de base continua inferior a la carga mínima de la red en un día festivo, y, por consiguiente, con aprovechamiento anual completo.
- b) Energía de base de discontinuidad de día festivo, determinada por la carga mínima del día laborable. Dicha energía es, pues, la de continuidad semanal y con aprovechamiento anual de la carga no inferior a unas 7 000 horas.
- c) Energía de modulación de continuidad diurna, correspondiente a la porción de la carga incluida entre la mínima de día festivo y la de la "punta" o altura de cada meridiana del diagrama.
- d) Energía de modulación recargada, incluida en el residuo de la parte superior del gráfico.

El aprovechamiento anual de las cargas correspondientes a las distintas clases de energía, disminuye evidentemente en proporción al aumento del grado de modulación, pasando de 8 760 horas/año para la base a menos de 2 000 horas/año para la punta.

Especial interés presenta el examen de las curvas de duración de la carga; dichas curvas, de curso uniformemente decreciente, se construyen representando en la abscisa por cada valor de la carga de la red (considerado en la ordenada) la correspondiente duración en el año, esto es, el número de horas anuales en que la carga de la red alcanzará o sobrepasará dicho valor. Las curvas de duración de carga de las redes eléctricas de países de cierto nivel de industrialización se caracterizan por un promedio de aprovechamiento de la punta máxima anual de carga que corresponde más o menos al 60-65 por ciento. Estas curvas no suelen ser muy diferentes entre ellas. Para simplificar, su perfil corresponde aproximadamente al de una línea recta.

Así, por ejemplo, en el gráfico II se representa la recta que aproxima la curva de duración de la carga para las redes de algunos países de Europa occidental. Dicha recta arranca de una duración cero por carga del 90 por ciento de la punta máxima, y alcanza una duración total por

/carga de

carga de 30 por ciento. Exactamente, a este gráfico de carga simplificado corresponde un promedio de aprovechamiento de la carga de punta equivalente al 60 por ciento.

La carga de base, o de aprovechamiento íntegro, representa por consiguiente un 30 por ciento poco más o menos de la carga máxima de punta, y la energía de base puede valorarse en un 50 por ciento de la energía total necesaria. El otro 50 por ciento de la energía requerida por la red está constituido por energía modulada. Del gráfico simplificado de duración resulta que el promedio de aprovechamiento de la carga correspondiente, equivalente a cerca del 70 por ciento de la carga de punta, se aproxima a unas 3 800 horas.

Hay que advertir también que la punta máxima de carga de una red no suele coincidir con la potencia eficaz total que es preciso prever para las instalaciones relativas. En efecto, a fin de garantizar para toda circunstancia un margen conveniente de seguridad frente a aumentos imprevisibles de la carga o a desperfectos accidentales de la maquinaria y de los instrumentos, es necesario contar con instalaciones cuya potencia eficaz sea superior, en cualquier momento, a la máxima punta de carga de la red. En realidad, la potencia eficaz total de dichas instalaciones tendrá que ser más elevada aún, pues una parte de la misma quedará de vez en cuando en desuso a causa de las reparaciones. En la práctica, la diferencia entre la potencia eficaz total de las instalaciones y la punta máxima de la carga que las instalaciones mismas pueden soportar, resulta de un 20 por ciento aproximadamente para redes en su mayor parte termoelectricas, mientras que para las redes hidroelectricas la misma diferencia es, por regla general, mucho más elevada.

4. Criterios para el empleo de los distintos tipos de plantas productoras con arreglo a las exigencias de los gráficos de carga

Según lo que acabamos de ver, en los países industrializados, cuya producción de energía eléctrica se caracteriza por un elevado porcentaje de origen térmico, el promedio de aprovechamiento de la punta máxima de carga equivale más o menos al 60 por ciento, y el correspondiente promedio de aprovechamiento de la potencia eficaz total de las plantas se aproxima al 50 por ciento, es decir, a unas 4 000-4 500 horas anuales.

/En países

En países de más bajo nivel de industrialización, el promedio de aprovechamiento de la potencia eficaz de las instalaciones resulta generalmente muy inferior.

Los datos anteriores se refieren, sin embargo, al término medio, lo cual significa que habrá instalaciones (las de base) cuyo aprovechamiento tendrá que ser superior al promedio, y otras, en cambio, de aprovechamiento inferior, que se utilizarán para hacer frente a las puntas. En particular, algunos tipos de instalaciones dotados de características favorables para un funcionamiento de base, pueden emplearse útilmente con aprovechamiento superior al promedio; pero, en este caso, para hacer frente a las exigencias del gráfico de carga, es imprescindible que otras instalaciones estén previstas para funcionar con aprovechamiento inferior al promedio, esto es, que se encuentren acondicionadas para cubrir las puntas del gráfico mismo.

Como se sabe, la energía no regularizada producida por centrales hidroeléctricas de avenamientos continuos puede aprovecharse tan sólo en la porción de base del gráfico de carga. Por el contrario, la energía producida por centrales eléctricas provistas de depósitos adecuados permite hacer frente, con la necesaria elasticidad, a las variaciones diarias y semanales del gráfico de carga, y en caso de que dichos depósitos posean suficiente capacidad, puede también permitir la integración estacional de la producción de centrales de avenamiento continuos, la cual, como hemos visto, no resulta siempre uniforme en el curso del año, a causa de diferentes regímenes hidrológicos.

Los criterios de planeamiento de las instalaciones, tanto hidroeléctricas como termoeléctricas, varían naturalmente según las funciones que las instalaciones mismas están llamadas a ejercer dentro del sistema productivo.

Hemos señalado que las centrales térmicas pueden ejercer principalmente funciones de integración en el caso de sistemas productivos en su mayoría hidroeléctricos, y que, por otra parte, su aprovechamiento es susceptible de alcanzar medidas más amplias, cubriendo la porción de base del gráfico de carga cuanto mayor importancia vaya adquiriendo la cuota termoeléctrica.

En caso de que el trabajo de las plantas termoeléctricas sea tan sólo

/de integración

de integración, con previsión para las mismas de un aprovechamiento anual limitado, el criterio de planeamiento estribará esencialmente en la previsión de unidades térmicas que permitan el mayor ahorro en los costos específicos de instalación, aunque esto lleve consigo alguna limitación con respecto al rendimiento. Para este tipo de funcionamiento se requieren plantas de gran elasticidad, capaces de ser puestas en marcha rápidamente con una carga variable. Estos resultados se consiguen con plantas a presiones y temperaturas relativamente poco elevadas y con esquemas térmicos sencillos.

Por el contrario, para centrales eléctricas destinadas a funcionar en la base del gráfico de carga, o sea, con aprovechamiento muy elevados, interesa más conseguir rendimientos muy altos, aunque esto se traduzca en costos superiores de instalación y esquemas térmicos más complicados, y, por tanto, con una elasticidad de trabajo relativamente inferior.

En una red en que el porcentaje de la producción termoeléctrica aumenta gradualmente con respecto al de la producción hidroeléctrica, hasta abarcar con facilidad la porción de base del gráfico de carga, el interés hacia los distintos tipos de instalaciones con depósito puede modificarse. En este caso, en efecto, adquieren especial importancia las plantas hidráulicas capaces de garantizar el servicio de las puntas diarias y de las variaciones semanales de la carga, mientras disminuye, generalmente, la necesidad de una compensación estacional. Este hecho constituye una consecuencia lógica de la utilidad de hacer funcionar las centrales termoeléctricas de base con carga casi constante durante el día, de su disponibilidad en cualquier momento del año y, además - mediante una programación oportuna de sus periodos de reparación - de su capacidad para solucionar eventuales irregularidades de regímenes hidrológicos de la producción hidroeléctrica no regularizada.

No es posible terminar esta somera reseña de los problemas relativos a la coordinación de las distintas formas de producción de la energía eléctrica, sin mencionar antes aquéllos que surgen de un eventual empleo de plantas electronucleares.

Una planta electronuclear se parece, en lo esencial, a una planta

/termoeléctrica, con

termoeléctrica, con esta sola diferencia: el vapor que hace funcionar las turbinas, en lugar de engendrarse en una caldera donde se quema un combustible de tipo tradicional (carbón, gasoil, metano), se produce por el aprovechamiento y el calor que la reacción de fisión engendra en el reactor nuclear.

Una característica común de los diferentes tipos de instalaciones electrónicas de fabricación contemporánea es su elevadísimo costo específico de instalación, el cual, además sube rápidamente al disminuir las potencias unitarias instaladas. Por esta última razón, es fácil prever que, por ahora, sólo las unidades electrónicas de gran potencia, y sólo para un funcionamiento de base, podrán competir en el plano económico con las instalaciones tradicionales.

En efecto, para contener dentro de límites razonables el gravamen del elevado costo de instalación con respecto al costo de producción de la energía, es preciso, lógicamente, que el aprovechamiento anual de las plantas electrónicas alcance niveles muy elevados. Además, a fin de garantizar un normal funcionamiento de los reactores y reducir los gastos de conservación de la maquinaria, habrá que hacer funcionar las centrales nucleares (dentro de lo que permite, por una parte, el gráfico de carga, y, por otra, la "disponibilidad en el servicio" de las centrales mismas, acerca de la cual carecemos, sin embargo, de experiencia suficiente) con carga constante, o, en todo caso, sólo ligeramente modulada.

Todo esto conduce, como es natural, a restringir la posibilidad técnica de introducción de centrales nucleares en las redes eléctricas; en efecto, sólo en países altamente industrializados se producen grandes demandas de energía y gráficos de carga caracterizados por un volumen tan elevado que aconseja introducir y aprovechar con alto factor de carga (si es que se puede realizar) centrales de gran potencia.

En todo caso, la introducción de una producción nuclear de base obligará a impulsar aún más la modulación de la carga de las demás centrales, esto es, a reducir el promedio de su aprovechamiento.

5. La experiencia de la industria eléctrica italiana en el campo de la integración entre producción hidro y termoeléctrica

Los problemas de la coordinación entre producción hidro y termoeléctrica, que acabamos de bosquejar, los ha afrontado la industria eléctrica italiana desde los orígenes mismos de su desarrollo.

En Italia, por la insuficiencia local de combustibles, la industria eléctrica se concentró desde luego en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país. Se encauzó así la ejecución de una serie de grandes instalaciones, hidroeléctricas, gracias a las cuales fue posible hacer frente al rápido aumento de la demanda de energía eléctrica causado por el desarrollo industrial. La explotación racional de los recursos hidráulicos disponibles y económicamente accesibles dentro del territorio nacional, evitó, además, que se acudiera a un más amplio empleo de combustibles importados, lo cual, en una situación caracterizada todavía por notables dificultades técnicas y económicas en el abastecimiento y en el transporte de dichos combustibles, hubiera representado un serio obstáculo por el desarrollo económico del país.

La producción de energía eléctrica en Italia se limitó, en el hecho, hasta 1936, a la de origen exclusivamente hidráulico, y las plantas termoeléctricas tuvieron, hasta dicha fecha, sólo tareas accesorias. En el primer tiempo, las centrales térmicas ejercieron en casi todos los casos funciones de emergencia en caso de desperfectos y consiguientes interrupciones de las líneas de transmisión; por tanto, quedaron ubicadas en las cercanías inmediatas de los centros principales de consumo y se les dieron las dimensiones requeridas por la carga absorbida por los centros mismos. Muy pronto, empero, en los años que siguieron al primer conflicto mundial, las plantas termoeléctricas se hicieron cargo de la tarea mucho más importante de integración estacional de la producción hidroeléctrica, con el objeto de cubrir las insuficiencias hidrológicas de los años de estiaje y suplir las faltas de uniformidad de las disponibilidades hidráulicas a lo largo del año.

Una primera introducción de la producción termoeléctrica en el servicio de base se verificó en 1936, a raíz del aprovechamiento de las energías

/endógenas descubiertas

endógenas descubiertas en una región del centro de Italia. Estos recursos endógenos se explotan hoy prácticamente hasta el límite de sus posibilidades, habiéndose estabilizado su aportación en alrededor de unos 2 000 millones de kWh anuales, cifra que representa en la actualidad un 4 por ciento de la producción total italiana.

Sólo en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, la producción termoeléctrica de combustibles tradicionales se introduce en el sistema eléctrico italiano como factor esencial de la economía energética del país, alcanzando una importancia cada día más considerable. Esto resulta evidente del examen de los datos estadísticos relativos a la cuantía de la cuota termoeléctrica que insertamos en el cuadro siguiente; en efecto, en el período 1951-1959, frente a un incremento del 69 por ciento de la producción total, la termoeléctrica ha aumentado nada menos que en un 370 por ciento.

Detalle de la producción de energía eléctrica en Italia,
1951-1959

Años	Producción total (Twh)a/	Porcentaje	
		hidroeléctrico	termoeléctrico
1951	29,2	90,2	9,8
1952	30,8	87,9	12,1
1953	32,6	85,2	14,8
1954	35,6	82,1	17,9
1955	38,1	80,8	19,2
1956	40,6	77,1	22,9
1957	42,7	74,5	25,5
1958	45,5	79,0	21,0
1959	49,1b/	78,2	21,8

a/ Twh = 10^9 wh

b/ Datos provisorios

Las causas de este proceso evolutivo hay que buscarlas principalmente en la coincidencia de los fenómenos actuales: primero, el aumento incesante de la demanda, y, segundo, el acercamiento progresivo al límite de aprovechamiento económico de los recursos hidráulicos disponibles, considerado

/también el

también el mejoramiento de la situación en el campo de los abastecimientos de combustibles tradicionales en el mercado mundial. Ante esta situación, la industria eléctrica italiana ha aprovechado rápidamente la oportunidad de encauzar un proceso gradual de transformación, que permitiera, entre otras cosas, lograr un aprovechamiento más racional de los preciosos recursos hidráulicos sobrantes, una coordinación más funcional de las producciones termo e hidroeléctrica y una progresiva y lógica conversión de equipos e instrumental en los sectores manufactureros interesados. El programa de este proceso de transformación ha sido también planteado de manera que resulte posible aprovechar, dentro de lo factible, cualquier otra fuente de energía disponible en el territorio nacional, incluidos los escasos yacimientos de combustibles sólidos pobres (lignitos y turbas) y, dentro de los límites posibles, los gases naturales metaníferos del subsuelo.

Este breve bosquejo de la evolución del sistema productivo de la energía eléctrica en Italia pone de manifiesto cómo, en el marco de esta evolución caracterizada por el mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país, la aportación de la producción térmica se ha realizado en formas diferentes según las distintas fases, pero siempre respondiendo plenamente a las necesidades de cada momento del desarrollo. La industria eléctrica italiana ha podido, pues, recoger una gran cantidad de experiencias en el campo de la coordinación entre las producciones hidro y termoeléctrica, en la multiplicidad de aspectos de dicho problema.

Para ilustrar en sus distintas fases la evolución del sistema productivo italiano, puede resultar útil ofrecer brevemente unas cuantas noticias y datos técnicos acerca de las más significativas instalaciones energéticas realizadas en Italia por el Grupo Edison.

6. Conclusiones

En las páginas anteriores se ha querido subrayar la complejidad de los problemas referentes a la coordinación de las producciones termo e hidroeléctrica, que, como hemos dicho al comienzo, son de vital interés para todos los países cuya producción de energía eléctrica tiene origen mixto.

En particular, hemos puesto en evidencia el hecho de que no es posible solucionar dichos problemas mediante disposiciones de carácter general, sino que es preciso adoptar en cada caso la solución que tenga una relación más inmediata con las condiciones efectivas del país. Sin embargo, el intercambio de experiencias sobre esta materia de los distintos países, puede ser de extraordinaria utilidad para solucionar en mejor forma dichos problemas y para perfeccionar los métodos empleados en su solución. Por este motivo, hemos tratado de ilustrar brevemente los aspectos sobresalientes de las distintas etapas del desarrollo de la industria eléctrica en Italia.

La coordinación de las producciones termo e hidroeléctricas ha encauzado en Italia con clara conciencia de todos los factores que integran dicho problema, cuya multiplicidad, por otra parte, queda patentizada por la gran variedad de instalaciones realizadas por el Grupo Edison en su actividad que se extiende a lo largo de ochenta años. Durante este período, el Grupo Edison ha podido reunir un rico acervo de experiencias, tanto en el sector del planeamiento como en el de la realización y marcha de las instalaciones, experiencias de las cuales ha sido posible sacar notable provecho, no sólo en Italia sino también en el extranjero, y, especialmente, en muchos países de América Latina.

AnexoAlgunas de las principales realizaciones del Grupo Edison en el sector de las instalaciones de producción de energía eléctrica

En el lejano 1883, el Grupo Edison, primero en Italia y en Europa, dio comienzo a su actividad en el campo de la construcción de plantas destinadas a la producción y al suministro de la energía eléctrica. Sus primeras plantas fueron pequeñas centrales termoeléctricas ubicadas en las cercanías inmediatas de los pueblos abastecidos. Sin embargo, en cuanto los progresos de la técnica hicieron posible el transporte a distancia del fluido eléctrico, el Grupo se dedicó resueltamente a la explotación de los abundantes recursos hidráulicos ubicados en los márgenes de las comarcas servidas por él. En un primer momento se realizaron instalaciones de baja caída, como la de Paderno, en el río Adda, a unos treinta kilómetros de Milán. Por sus 10 000 kW y, sobre todo, por el cable de 13.5 kV que la conectaba con la capital lombarda, representaba en aquella fecha una realización excepcional.

La situación hidrológica e hidrográfica italiana se caracteriza por una considerable falta de uniformidad en el régimen de precipitaciones, y, también, por una notable dispersión de los avenamientos en numerosos caudales de volumen escaso, pero de elevadas caídas; por este motivo, en Italia, el aprovechamiento de los recursos hidráulicos ha exigido siempre la construcción de muchas instalaciones, varias de ellas con dotaciones de grandes embalses y con muy marcadas características de regulación. Hacia construcciones de este tipo se dirigieron prácticamente desde los comienzos las iniciativas del Grupo Edison, que logró así el aprovechamiento racional de algunas de las cuencas más importantes de los Alpes y los Apeninos. Con arreglo a las mencionadas tendencias se empezó, entre otras, en 1901, la construcción de las centrales del sistema hidroeléctrico del Valle del Toce, cuya capacidad alcanza hoy a 615 000 kW instalados, con un promedio de producción de unos 1.7 billones de kWh anuales. La energía producida en este sistema tiene especial interés por ser notablemente regulada; en efecto, dicho sistema posee 16 embalses estacionales en los cuales pueden almacenarse hasta 546 millones de kWh. El grado de regulación de la cuenca alcanza, por consiguiente, al 33 por ciento, cifra que representa uno de los más elevados niveles de Italia.

Otro ejemplo importante de aprovechamiento integral de una cuenca hidrográfica lo ofrecen las instalaciones llevadas a cabo en estos últimos años en el alto valle del río Chiese. Este modernísimo conjunto de obras, proyectado sobre la base de las experiencias adquiridas por el Grupo Edison en casi sesenta años de actividad en

actividad en el campo del planeamiento, de la construcción y financiamiento de las instalaciones hidroeléctricas, está integrado por tres centrales ubicadas en otros tantos saltos sucesivos, y alimentadas por tres embalses, dos de los cuales son estacionales, con una capacidad útil total de unos 72 millones de metros cúbicos, correspondientes a unos 224 millones de kWh. La producción anual de las tres centrales alcanza un promedio de más de 620 millones de kWh anuales. La instalación principal es la del segundo salto, con su central en Cimego, alimentada por dos galerías de derivación, con una potencia instalada de 230 000 kW y una producción anual de 413 millones de kWh. En esta central, ilustrada por la foto 1; además de un grupo inferior en la derivación secundaria, han quedado instalados dos grupos de 110 000 kW cada uno (foto 2) - los más potentes del mundo entre los de turbina Pelton con eje horizontal - caracterizados por una elevadísima capacidad de regulación.

Tareas de regulación están confiadas también a las centrales de Santa Massenza y de Santa Giustina-Taio. La central de Santa Massenza, construida por la Empresa Hidroeléctrica Sarca y Melveno, en la cual el Grupo Edison participa en igual proporción con la Sociedad Hidroeléctrica Piemonte, aprovecha los avenamientos del río Sarca, regularizados por el lago de Molveno transformado en gran embalse estacional (capacidad de almacenamiento equivalente a más de 250 millones de kWh); se trata de la mayor central hidroeléctrica de Italia, pues su potencia total es de 350 000 kW (véase foto 3). La instalación de Santa Giustina-Taio, en el curso medio del Noce, está regulada por un gran embalse cuya capacidad de almacenamiento es de unos 100 millones de kWh aproximadamente; el embalse está formado por una presa a bóveda de curvatura simple, que es una de las más altas del mundo, pues mide 152.5 metros de altura (foto 4); en la central en caverna, ubicada abajo, se halla instalada una potencia de 105 000 kW, con un promedio de producción anual de unos 260 millones de kWh.

Hoy el Grupo Edison está construyendo instalaciones hidroeléctricas por un potencial de unos 270 000 kW y una producción anual de unos 733 millones de kWh. En este programa se incluyen las instalaciones que la Empresa Hidroeléctrica Medio Adige, en la cual el Grupo Edison participa con una tercera parte, está construyendo en la isla Serafini, sobre el Po, el río más grande de Italia, y las del Valle de Lei, en la frontera italo-suiza, realizadas por una empresa internacional, con la participación también del Grupo Edison. La central de isla Serafini, en cuya

construcción han tenido que afrontarse y resolverse, entre otros, los problemas creados por la necesidad de no estorbar la navegación en el río, tendrá una potencia de 50 000 kW y un promedio de producción anual de 305 millones de kWh. Las instalaciones del Valle de Lei constituyen un sistema hidroeléctrico de elevado nivel de regulación, garantizado por un embalse de cabecera de 197 millones de metros cúbicos de capacidad útil, correspondientes a más de 500 millones de kWh, ubicado a casi 2 000 metros de cota sobre el nivel del mar. El embalse está formado por una presa a bóveda de arcos parabólicos; la central de la instalación del primer salto funcionará también como central de bombas para recuperar los avenamientos del embalse, y tendrá una potencia de 185 000 kW, con un promedio de producción de 234 millones de kWh.

También en el sector de las plantas termoeléctricas el Grupo ha ido adquiriendo gran experiencia a través de la realización de una larga serie de instalaciones, cuyos criterios de planeamiento reflejan las diferentes exigencias contingentes de los distintos momentos en que se construyeron.

Las antiguas centrales de Génova y de Plasencia, construidas entre 1920 y 1940, se planearon con arreglo a los conocidos criterios que hemos subrayado en las páginas precedentes, consecuencia, a su vez, del papel de integración que por aquellas fechas se le atribuía en Italia a la producción termoeléctrica.

Sucesivamente, dichas centrales experimentaron un cambio radical gracias a la instalación de grupos más potentes, de características adecuadas a las nuevas exigencias del sistema productivo. En los años 1952 y 1953 entraron, en efecto, en función en dichas instalaciones cuatro grupos de 70 000 kW cada uno.

Los dos grupos de 70 000 kW de la central de Génova fueron, además, los primeros que entraron en servicio, de acuerdo con el plan termoeléctrico planteado en 1948 por la industria eléctrica italiana, a fin de hacer frente al aumento constante de la demanda de fluido determinado por la rápida reanudación de la labor industrial después de la guerra. En el planeamiento de dichos grupos se adoptó un ciclo termodinámico de recalentamiento y regeneración que permitió conseguir un rendimiento

/notablemente más

notablemente más elevado que los obtenidos hasta entonces por las instalaciones termoeléctricas.

A los grupos de Génova siguieron de inmediato las dos unidades, también de 70 000 kW cada una, de la central de Plasencia (foto 5), en cuyo planeamiento se siguieron criterios hoy absolutamente corrientes, pero que en la fecha en que se proyectó esta central representaban algo nuevo para la técnica italiana; la solución adoptada fue, en efecto, la de "monobloque" que, como es sabido, se consigue mediante la instalación en cada grupo de un generador único de vapor con potencia adecuada por la alimentación de la turbina respectiva. El empleo de la estructura de "monobloque" permitió, entre otras cosas, realizar por primera vez el recalentamiento del vapor después de una primera expansión en la turbina, solución que, junto con otras condiciones, consigue aumentar en forma notable el rendimiento de la instalación. Este sistema se adoptó luego en todas las unidades instaladas en las centrales del Grupo Edison.

Los progresos alcanzados recientemente en la técnica de la construcción y la experiencia del terreno, nos han permitido emplear para el moderno grupo de 160 000 kW (foto 6) puesto en marcha a fines de 1960 en la central de Génova, un ciclo termodinámico de características notablemente más marcadas con respecto a las de las unidades anteriores, con las ventajas consiguientes para el rendimiento de la planta, que se prevé podrá corresponder aproximadamente a un 37 por ciento.

En todas las instalaciones termoeléctricas del Grupo se ha adoptado la política de prever el libre empleo de diferentes clases de combustibles. Este criterio está aconsejado por el hecho de que en Italia, donde el abastecimiento de carbón y de gasoil depende en gran parte de las importaciones del extranjero, el mercado de los combustibles ofrece una singular inestabilidad, por efecto de la influencia que ejercen en el plano económico distintos factores de naturaleza geográfica, política y fiscal, que pueden cambiar con el tiempo incluso en forma amplia y repentina. Por estas circunstancias, sólo contando con centrales equipadas para el aprovechamiento de diferentes tipos de combustible es posible garantizar, aun en los momentos más desfavorables, la necesaria continuidad de la alimentación,

/y hacer,

y hacer, por otra parte, en lo posible, la selección económica más conveniente en el abastecimiento del combustible.

Una iniciativa verdaderamente audaz y de envergadura internacional puede, por último, considerarse: es la que acaba de tomar el Grupo Edison para la realización de una nueva y gran instalación termoeléctrica en las cercanías del puerto de La Spezia. A principios de 1960 se ha dado comienzo a las obras preparatorias para la construcción de una gran central, donde entrará en funcionamiento en 1962 un grupo de 320 000 kW, que constituirá el más potente turbo-grupo de Europa continental. Con arreglo a la posibilidad de los aumentos sucesivos de la demanda, la instalación quedará duplicada en el curso de algunos años; en efecto, se ha encargado ya un segundo grupo de igual potencia.

La selección de las características de estos gigantes grupos, cada uno de los cuales consumirá por cada día de marcha a plena carga unas 2 500-2 600 toneladas de carbón, o bien, unas 1 600-1 700 ton. de gasoil, ha exigido un largo y cuidadoso examen de los diferentes elementos técnicos y económicos que involucra el problema. Para los grupos de 320 000 kW, cada uno de los cuales será alimentado por un generador de vapor capaz de producir nada menos que 1 000 toneladas de vapor horarias, se ha escogido un ciclo termodinámico de regeneración con 8 extractores y con doble recalentamiento; el vapor, engendrado a una presión de 168 kg/cm^2 y a una temperatura de 568°C , quedará recalentado a 540°C , después de una primera expansión en la turbina.

Desde hace tiempo, el Grupo Edison ha dirigido también su atención al sector de la energía nuclear; en efecto, el desarrollo incesante de la técnica obliga a dirigir la mirada muy lejos en el futuro, sin descuidar ninguna posibilidad nueva.

Como hemos dicho, los costos de producción de la energía electronuclear son todavía mucho más elevados que los de la energía termoeléctrica producida mediante combustibles tradicionales. Sin embargo, el Grupo Edison ha decidido cargar con la responsabilidad de la realización de una primera gran central electronuclear, consciente de la necesidad de adquirir en tiempo útil la experiencia conveniente para los sucesivos desarrollos en

/el aprovechamiento

el aprovechamiento de este nuevo manantial de energía, experiencia que sólo el planeamiento, la construcción y el funcionamiento de una nueva instalación pueden proporcionar.

Esta nueva central, que llevará el nombre de Enrico Fermi, tendrá una potencia eléctrica efectiva de más de 165 000 kW y estará equipada con un reactor nuclear Westinghouse del tipo de agua bajo presión. El turbo-grupo, de construcción italiana, alcanzará dimensiones nunca logradas, hasta ahora, en las construcciones europeas de turbinas a vapor de eje único con 1 500 rotaciones por minuto; el diámetro de la parte rodante excederá los 4 metros en correspondencia con la salida del vapor de la turbina, y la longitud total del grupo turbina-alternador será de 30 metros aproximadamente.

RESUMEN

El informe examina - en sus repercusiones técnicas y económicas - el problema de la coordinación de las producciones hidro y termoeléctrica, cuya importancia es esencial, sobre todo para los países que se caracterizan por una producción mixta de la energía eléctrica.

A través de unas breves referencias a las diferentes estructuras posibles de los sistemas productivos, se subrayan en primer lugar las funciones que ejerce la producción termoeléctrica en las distintas situaciones, y el desarrollo de dichas funciones en caso de que la cuota termoeléctrica logre alcanzar un porcentaje de mayor cuantía sobre el total de la energía producida, a causa del agotamiento progresivo de los recursos hidráulicos o por otros factores subordinados a la disponibilidad de las varias fuentes energéticas.

En sucesivos párrafos se consideran las características de los gráficos de carga de las redes eléctricas, y se proporcionan datos acerca del aprovechamiento de las instalaciones destinadas a suministrar la energía de base, de modulación y de "punta".

Las anteriores consideraciones brindan la oportunidad de estudiar la capacidad de los diferentes tipos de plantas energéticas para ayudar a cubrir el gráfico de carga de una red eléctrica. A este propósito se dedica una mención especial a las instalaciones nucleares. Estas instalaciones - tanto por sus características técnicas y económicas como por su notable rigidez de funcionamiento y por los elevados costos de construcción - tendrán que destinarse al suministro de base, y, por consiguiente, su funcionamiento obligará a aumentar cada vez más la modulación de la carga de las demás centrales.

El informe termina con una ligera alusión a las experiencias adquiridas en el campo de la coordinación de las producciones hidro y termoeléctrica por la industria eléctrica italiana; dichas experiencias ofrecen interés y amplitud muy singulares, puesto que en Italia, a pesar del extraordinario desarrollo del sector hidroeléctrico, ha sido preciso hacerse cargo desde los comienzos de los problemas de la coordinación hidráulico-térmica, a raíz de la importancia cada día más notable alcanzada por la producción termoeléctrica.

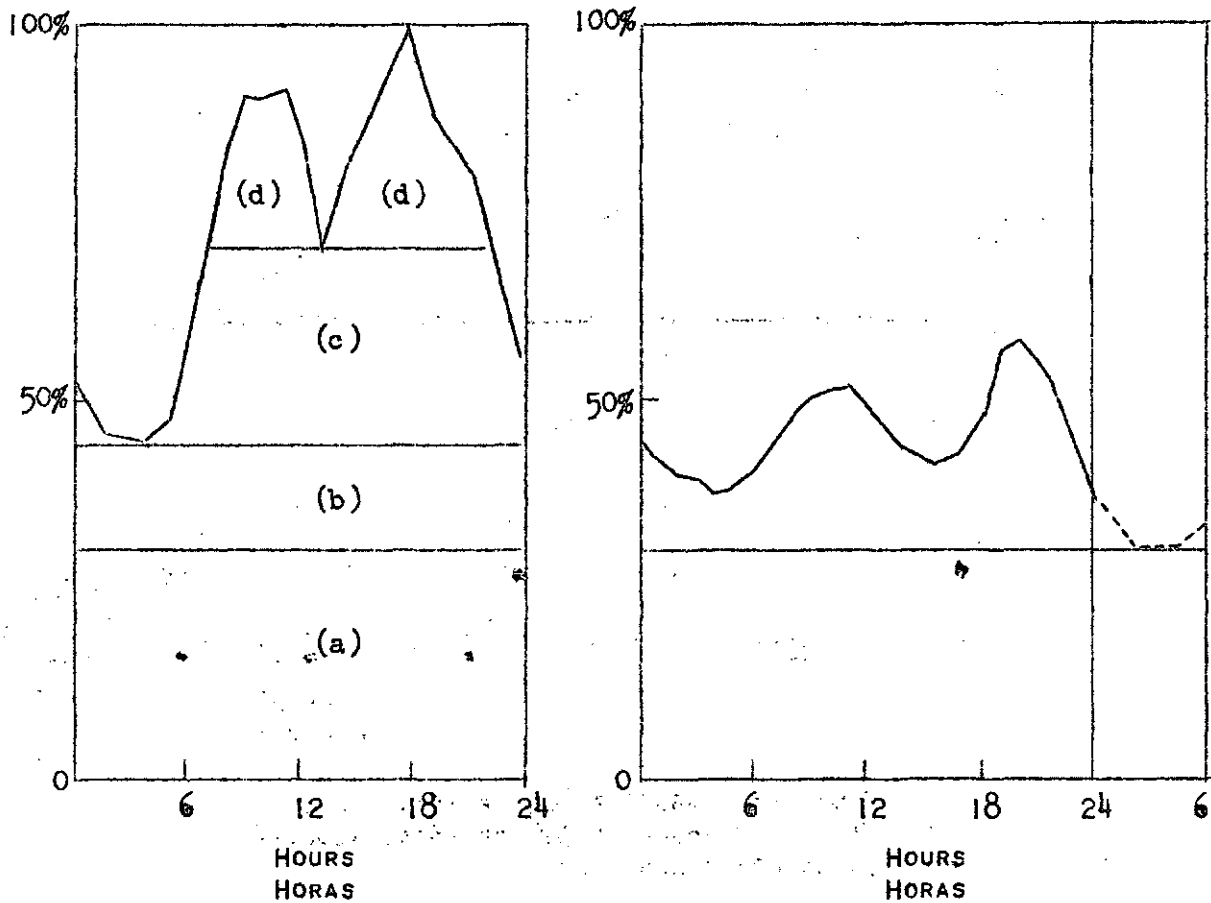
/Con el

Con el objeto de ilustrar las distintas fases de la evolución del sistema productivo italiano, se dan, por último, algunas noticias y datos técnicos relativos a las más significativas plantas de producción construídas en Italia por el Grupo Edison.

ST/ECLA/CONF.7/L.2.19

FIGURE 1
GRAFICO 1

CHARACTERISTIC LOAD GRAPHS IN THE ITALIAN ELECTRICITY NETWORK
GRAFICOS CARACTERISTICOS DE CARGA DE LA RED ELECTRICA ITALIANA



WORKING DAY WITH MAXIMUM LOAD NON-WORKING DAY WITH MINIMUM LOAD
DÍA LABORABLE DE CARGA MÁXIMA DÍA FESTIVO DE CARGA MÍNIMA

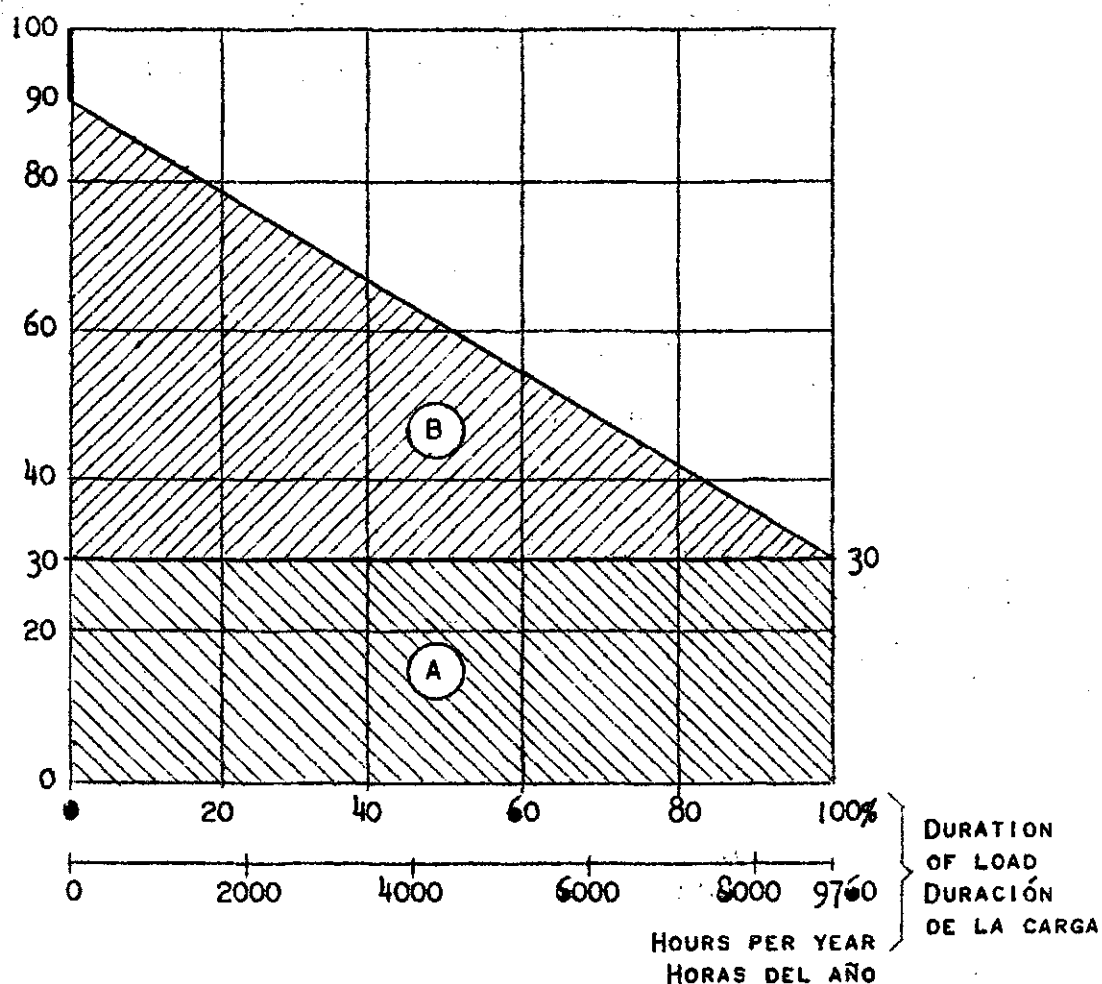
FIGURE 11

GRAFICO 11

APPROXIMATE LINE OF DURATION OF LOAD FOR SELECTED EUROPEAN COUNTRIES

LINEA APROXIMADA DE DURACION DE LA CARGA PARA ALGUNOS PAISES
DE LA EUROPA OCCIDENTAL

PERCENTAGE OF POWER
AT MAXIMUM PEAK LOAD
PORCENTAJE DE POTENCIA
DE LA PUNTA MÁXIMA DE LA CARGA



A = CONTINUOUS POWER = 50% OF TOTAL REQUIRED
B = MODULATED POWER = 50% OF TOTAL REQUIRED
A+B = TOTAL POWER REQUIRED

A = ENERGÍA CONTINUA = 50% DE LA TOTAL REQUERIDA
B = ENERGÍA DE MODULACIÓN = 50% DE LA TOTAL REQUERIDA
A+B = TOTAL DE LA ENERGÍA REQUERIDA

