

NACIONES UNIDAS



CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO
ST/ECLA/CONF.7/L.2.23
31 de enero de 1961

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

CATALOGADO

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

EL CRITERIO TECNICO Y ECONOMICO QUE SE APLICA
EN LA CONFECCION DE PROGRAMAS DE DISTRIBUCION
DE ELECTRICIDAD

Presentado por la Unión Internacional de Productores
Y Distribuidores de Energía Eléctrica (UNIPEDA)

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

I N D I C E

	<u>Páginas</u>
1. Pronósticos de consumo	1
2. Diagramas de la red	3
a) Redes con dos niveles primarios de distribución de voltaje	3
b) Redes provistas de un nivel primario único de distribución de voltaje	3
3. Estudio del desarrollo óptimo de las redes	5
a) Calidad de la energía suministrada	5
b) Utilización del costo de la electricidad	6
i) Lógica externa o estructura económica del método	7
ii) Costo de una solución o estrategia	8
iii) Fecha de transición de una etapa a otra	8
iv) Posibles estrategias	7
4. Conclusiones	9

1. Pronósticos de consumo

El señor Gilchrist tenía especial interés por el problema de los pronósticos de consumo y expuso en su informe las perspectivas de desarrollo de los diversos usos de la energía eléctrica en el Reino Unido. Llegó a la conclusión de que los pronósticos de consumo han sido mucho más seguros en lo que se refiere a alumbrado y fuerza motriz que en lo que respecta a las aplicaciones calóricas de la energía.

El señor Forzani opina que se deben investigar las posibilidades de consumo antes de comenzar el estudio de la red. Esta investigación incluye:

- a) El estudio geográfico de la zona cuyo programa se prepara;
- b) El estudio de las condiciones electricas en la zona considerada y en las vecinas, teniendo siempre presente que en la mayoría de los casos debe dársele mayor importancia al aumento del grado de electrificación que a la electrificación misma de una nueva zona;
- c) La determinación de la densidad media de la distribución de energía, el cálculo del desarrollo del consumo y el estudio de las características de los usuarios. El problema consiste en primer lugar en establecer, sobre la base de los datos estadísticos, los siguientes valores: el número previsto de kWh anuales por km^2 que deben suministrarse, clasificados por consumidores principales (por ejemplo, domésticos, industriales); y las variaciones futuras de la densidad del consumo y de los valores máximos previstos;
- d) Determinación de la distribución topográfica probable de los consumos, teniendo en cuenta la naturaleza de los usuarios. Esta determinación puede basarse en las condiciones locales, porque los planes reguladores permiten establecer el carácter de las diferentes zonas (por ejemplo, residencial, industrial, mixto). Estos datos y los estudios estadísticos pertinentes

/(diagramas de

(diagramas de carga, simultaneidad y utilización) indican el valor de los consumo y su distribución, cuyo fin último es facilitar el trazado de los mapas de los distritos estudiados en los que aparecerían las zonas y su densidad de consumo.

Frente a la posibilidad de construir o desarrollar una red, el señor Gaussens considera que las decisiones correspondientes no pueden basarse sólo en garantizar el suministro más económico de las cargas únicas que existen en el momento de hacerlo. En un instante dado, cualquier decisión que se adopte respecto del desarrollo de una red influye sobre las decisiones posteriores, y cada una de ellas depende de los datos disponibles, en el momento de tomarla, concernientes a la evolución de los consumo y a la técnica.

Si dicha información tuviera el carácter de certeza absoluta, se podría definir la serie óptima de decisiones como la que reduce al mínimo el costo del suministro durante un período lo suficientemente largo como para que el descuento haga insignificante el costo de las instalaciones hacia el término del período.

En lo que respecta a al evolución del consumo y de las técnicas, sólo es posible hacer pronósticos de carácter incierto, basados en la extrapolación de las observaciones hechas antes de tomarse las decisiones. El señor Gaussens considera que es razonable limitar el período estudiado a veinte o treinta años. La decisión que se tome será la primera de una serie destinada a reducir al mínimo el costo del suministro durante este lapso.

En vista del carácter incierto de los pronósticos, es posible que en el curso de una comparación con nuevos elementos de juicio ésta lleve a modificar la serie de decisiones elegidas inicialmente, destinada a reducir al mínimo el costo de suministro. En este caso, la decisión adoptada puede o no pertenecer a las que se habrían elegido inicialmente si se hubiera dispuesto de estos nuevos elementos de juicio. En el primer caso, un pronóstico inicial errado no tendría consecuencias desfavorables. En el segundo, se habría cometido un error irremediable, y la única acción posible, al adoptar una nueva serie de decisiones, sería tratar de garantizar la reducción al mínimo,

/del costo

del costo del suministro. Este caso se presenta con frecuencia en la práctica cuando se observa que la red no tiene las condiciones necesarias para evolucionar posteriormente en las mejores condiciones económicas.

2. Diagramas de la red

El señor Perrone expone la evolución de la distribución urbana de las redes desde fines del siglo pasado. Observa que esta evolución se ha debido a menudo a las necesidades del momento y a la conveniencia de utilizar hasta donde sea posible las instalaciones existentes. Según esta opinión, se pueden subdividir las redes urbanas en las siguientes categorías:

a) Redes con dos niveles primarios de distribución de voltaje

- i) Redes cuyo nivel primario de distribución de voltaje fluctúa entre 20 y 35 kV y cuyo nivel inferior oscila entre 3 y 11 kV. Este grupo incluye la mayoría de las ciudades más grandes del Reino Unido, cuyas redes fueron uniformadas a 33 kV para el nivel superior y a 11 ó 6.6 kV para el inferior. También abarca la mayoría de las ciudades alemanas, aunque su normalización en valores de voltaje no es tan avanzada como la del Reino Unido. Sin embargo, virtualmente todos los valores adoptados están comprendidos dentro de un margen de 20 a 30 kV para el nivel superior y 4 y 10 para el inferior;
- ii) Las redes cuyo nivel primario de distribución de voltaje fluctúa entre 50 y 60 kV y el nivel inferior entre 6 y 15. Este grupo incluye la mayoría de los grandes centros urbanos de Francia, cuyo nivel superior está comprendido entre 60 y 65 kV y el inferior entre 10 y 15 kV.

b) Redes provistas de un nivel primario único de distribución de voltaje

Estas incluyen la mayoría de las redes francesas urbanas de menor tamaño (nivel único, 12 a 15 kV) y algunos de los centros urbanos alemanes de tamaño mediano (nivel único, 6 a 10 kV).

El problema de la elección del número y de los valores de la distribución primaria de voltajes puede dividirse, según el señor Perrone, en dos fases sucesivas: La fase teórica, consistente en tratar de encontrar la solución más económica para un centro urbano con una determinada distribución de la carga y curva de aumento de la potencia, considerándose en los cálculos que las instalaciones en servicio son insignificantes. La fase práctica, en que se toma en consideración las instalaciones existentes y también los costos de adaptación o transformación de la red.

En el ejemplo citado por el señor Perrone, el estudio se limitaba a las redes de Milán y Turín. Se han adoptado ciertas hipótesis para simplificar el problema, especialmente en lo que se refiere a las tendencias de las cargas. El señor Perrone manifestó que deberían tomarse como datos básicos las cargas existentes en las redes de distribución y, de manera especial, su desarrollo futuro. Este último debe usarse como fundamento de gradación de las inversiones. En los cálculos presentados, se estimó que podrían obtenerse resultados suficientemente auténticos considerando condiciones que podrían producirse en un plazo de veinte años. Es decir, se ha pensado que la mejor solución para encarar una situación futura es considerar la dinámica del aumento de la carga.

Otro dato esencial es el diagrama de la red. Aunque se reconoce que estos diagramas son factores importantes dentro de la economía de inversiones y costo de explotación de las redes de distribución, el señor Perrone manifestó que en el ejemplo estudiado se tiene en cuenta sólo el diagrama zonal de las líneas troncales principales, ya que éste es el factor más importante para la elección de los niveles de voltaje. Los resultados obtenidos le permitieron, de acuerdo con las comparaciones que hizo, sacar dos conclusiones de validez general:

- i) Puede considerarse que las tres tendencias que se observan en Europa en relación a la estructura de las redes primarias mencionadas son similares;

/ii) Parece

ii) Parece conveniente que el voltaje primario que abastece a las estaciones de distribución en MV/LV no exceda de 6-10 kV para las redes primarias de dos niveles y 15 kV para las redes de nivel único. Si se excedieran estos valores, a fin de hacer frente a los aumentos de carga de una red existente, opina el señor Perrone, que sería un error por las desventajas de orden económico que acarrearía.

El informe presentado por la Berliner Kraft und Licht AG contiene cálculos relativos a las características de las instalaciones de distribución, (elección de las secciones transversales de los cables, la potencia de los grupos de condensadores, etc.).

3. Estudio del desarrollo óptimo de las redes

Este estudio constituye la principal materia del informe del señor Gaussens en relación con los pronósticos de consumo.

Como el criterio general empleado para elegir la mejor solución es el del costo mínimo, deben definirse primero los elementos del costo y determinarse luego la calidad del suministro. Este es esencial para que la comparación entre las diferentes soluciones posibles tenga un significado positivo.

a) Calidad de la energía suministrada

Las dos características principales del servicio de energía eléctrica son la continuidad del suministro a los usuarios y la regularidad del voltaje. Pueden planearse las diferentes redes de acuerdo con las interrupciones del servicio y las fluctuaciones de voltaje que tienen que aceptar normalmente los consumidores. En las redes que tienen un menor costo de construcción, y explotación la calidad del suministro es, por lo general, más deficiente. Para resolver esta dificultad, por lo menos desde el punto de vista jurídico, las autoridades que autorizan la distribución de energía eléctrica prescriben en los reglamentos pertinentes los márgenes dentro de los cuales debe mantenerse el voltaje, y también, aunque con menor frecuencia, la máxima duración anual de las interrupciones de servicio. Se acepta que los inconvenientes que derivan de no hacerse el suministro de la energía a un voltaje equivalente a su

/valor nominal

valor nominal es proporcional al producto del cuadrado de las diferencias entre el voltaje suministrado y el estipulado por el proveedor ($\%^2$ kWh) y en estos casos es común que la energía se suministre a un voltaje relativamente variable, dentro de los márgenes estipulados. En cualquier estudio de redes, es necesario tener en cuenta las fluctuaciones de voltaje expresadas en $\%^2$ kWh. Asimismo, será necesario determinar la energía (en kWh) no suministrada debido a las interrupciones del servicio.

Esta definición objetiva de la calidad del servicio no permite la comparación de las diversas soluciones que aparecen como posibles. Para este objeto debe determinarse una medida común que establezca la relación de las fluctuaciones de voltaje (en $\%^2$ kWh) y las interrupciones de servicio (kWh) por una parte, y los gastos en que se puede incurrir, por otra parte, a fin de disminuir la irregularidad del suministro.

Considerando el punto de vista del interés común de distribuidores y consumidores, el señor Gaussens opina que puede mejorarse la calidad del servicio siempre que los gastos ocasionados produzcan una disminución por lo menos igual al costo monetario de los inconvenientes que sufren los consumidores a consecuencia de la irregularidad del servicio (igualdad entre los inconvenientes y los costos marginales).

Esto eleva a la evaluación de la irregularidad del servicio, o, para ser más precisos, a la expresión monetaria del $\%^2$ kWh y de los kWh no suministrados.

b) Utilización del costo de la electricidad

En la definición del costo no sólo deben incluirse los gastos relativos a la construcción de las instalaciones, los costos de explotación, etc., sino también las sumas que representan el valor económico de la irregularidad del servicio. Este puede denominarse el costo de utilización de la electricidad. Cuando el costo de utilización alcanza un valor mínimo, garantiza que la solución es "sana" desde el punto de vista económico y no simplemente "razonable" desde el ángulo intuitivo, dado que el servicio suministrado tendrá la calidad que exige el interés general.

/Se puede

Se puede hacer la comparación entre las diferentes series cronológicas de gastos relacionados con el desarrollo proyectado de una red, actualizando estos gastos en relación a una fecha de referencia. Deben observarse ciertas reglas al buscar la mejor solución, que son de naturaleza económica y tienen validez cualquiera que sea la materia estudiada. Constituyen la lógica externa de cada estudio.

Otras reglas se aplican sólo para preparar el camino para elegir entre las numerosas soluciones posibles. Difieren según si la materia en estudio es un sistema extenso de voltaje extra elevado que abarque todo un país o se refiere a la red de bajo voltaje de un pueblo. Son el resultado de la reflexión y la experiencia y constituyen la lógica interna de cada estudio.

i) Lógica externa o estructura económica del método

Cualquier solución para el desarrollo de una red puede expresarse como una sucesión cronológica de centrales o unidades de energía.

En el período de modificación de su maquinaria, la red pasa por una etapa dada de dotación de equipo, que podría denominarse de inventario. Mientras permanece en esta etapa, la existencia y explotación de la red ocasionan ciertos gastos ordinarios, que son los gastos anuales de capital y los costos anuales de explotación, que incluyen el valor económico de las fluctuaciones de voltaje y ciertos gastos extraordinarios, por ejemplo, los que resultan de las modificaciones de voltaje. Finalmente, cuando se hace una modificación del equipo, se incurre en otros gastos (costos de desmantelamiento y transformación).

Definidos en esta forma los elementos que componen el costo de utilización, queda por estudiar en qué condiciones debería hacerse una modificación en el equipo. Se determina la fecha de la modificación tan pronto como se estudien los datos pertinentes de la red (consumo, estadística de interrupciones de servicio) y se fije el tipo de descuento.

ii) Costo de

ii) Costo de una solución o estrategia

Cualquier solución o estrategia se define como una serie cronológica de etapas de dotación de equipo. Si se conocen las fechas de transición de una etapa a otra (ver el párrafo que sigue) es fácil determinar el costo actualizado de esta solución. Es la suma de los valores actualizados de (a) los gastos ordinarios anuales (gastos de capital y costos de explotación) en relación a las etapas sucesivas de dotación de equipo; (b) los gastos extraordinarios ocasionales y (c) el costo de desmantelamiento, los costos diferenciales de modificación y el costo extraordinario de amortización debido al cierre en que se incurre al pasar de una etapa a otra;

iii) Fecha de transición de una etapa a otra

Cuando se produce un cambio de una etapa a la siguiente, por lo general los gastos de capital de la segunda etapa son superiores a lo que habrían sido si la etapa primitiva se hubiera mantenido, y los costos de explotación son inferiores. Además, el cambio acarrea gastos de desmantelamiento, de modificaciones diferenciales y costos extraordinarios de amortización, debidos al cierre.

La regla que rige la determinación de la fecha del cambio es simple. Si se desea pasar de la etapa E_i a la E_j , debe hacerse en una fecha tal E_i^j que, posponiendo o adelantando el cambio con respecto a esta fecha, se aumente el costo actualizado de la estrategia a que pertenecen E_i y E_j . También puede expresarse lo mismo diciendo que la fecha N_i^j es aquella en que al sustituir E_i por E_j se obtiene una utilidad igual a la tasa de descuento establecida para el estudio.

Si se descubre que se debieran haber realizado ciertas operaciones antes de la fecha inicial del estudio (años negativos de cambio), será necesario, si estas operaciones pertenecen a la serie cronológica óptima, iniciarlas a la brevedad posible y, teóricamente, en la fecha de iniciación del estudio.

/iv) Posibles estrategias

iv) Posibles estrategias

Como se ha elegido un cierto número posible de condiciones para una red, es necesario, a fin de definir la estrategia óptima, determinar todas las series cronológicas coherentes de condiciones y elegir aquella de costo mínimo. Para este objeto, se calculan todas las fechas óptimas de transición de una condición a otra y se refieren todas las fechas negativas a la fecha inicial del estudio.

Poniendo estas fechas en orden creciente y asociándolas con el período mínimo del estudio, se construye una serie que permite derivar las posibles estrategias de acuerdo con el número de cambios considerados (el número de cambios es igual al número de -1). Es suficiente entonces, para determinar la estrategia óptima, calcular los costos actualizados de las diferentes estrategias y compararlos.

El problema puede abordarse empleando equipo electrónico. Actualmente se realizan experimentos prácticos en Francia previos a la aplicación general del método a todas las redes de distribución de ese país.

4. Conclusiones

La reunión en que se trataron los puntos mencionados dio lugar al intercambio de información al estudio provechoso de los problemas económicos relativos a la elección de las inversiones, que se han presentado en Europa occidental. Es obvio que estos problemas y sus soluciones no se pueden aplicar a los países de América Latina, que tienen un grado diferente de industrialización, sin tomar las debidas precauciones. Sin embargo, hay ciertos principios generales que son también válidos para países en proceso de desarrollo y a ellos puede serles útil este informe.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to the quality of the scan. It appears to be a list or a series of entries, possibly names and dates, but the characters are too small and light to transcribe accurately.