



NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.4
10 de noviembre de 1960

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

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 1961

PROBLEMAS BASICOS EN LA EXPLOTACION DE LA ENERGIA ELECTRICA

por Sir Josiah Eccles

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

I N D I C E

	<u>Páginas</u>
<u>Introducción</u>	1
1. Métodos para la predeterminación del crecimiento de la demanda y consumo eléctrico.....	4
2. La evaluación económica de los recursos primarios autóctonos.....	9
3. Problemas del desarrollo de plantas y de sistemas.....	11
4. Requisitos de inversión y medios de financiamiento...	13
RESUMEN.....	20

/Introducción

Introducción

Puede ser de valor comenzar por exponer algunos conceptos básicos. El costo de alcanzar un objetivo económico dado estará normalmente compuesto de varios factores. Por ejemplo, es posible que un método haga necesario un gran gasto de capital pero puede que tenga costos de explotación bajos. Otro puede no requerir tanto gasto de capital pero sí una gran dotación de mano de obra de explotación.

La abundancia relativa (y de allí el costo) del capital y de la mano de obra pueden influir en la elección del método en estos ejemplos.

La electricidad es una forma de energía elaborada y refinada. La mayoría de las fuentes de energía primaria podrían convertirse en electricidad y el costo del proceso de conversión determina mayormente si vale o no la pena hacerlo. Otro que puede repercutir materialmente en el costo de la electricidad para el consumidor es la distancia que separa a la fuente de energía primaria del punto de consumo.

Cuesta caro convertir energía primaria en electricidad. Es también costoso transportar la mayoría de las fuerzas de energía (incluso la electricidad) a través de distancias largas.

Por consiguiente, la producción y distribución de electricidad es un proceso que implica un uso intensivo de capital. La inversión de capital requerida para financiar una red abastecedora de electricidad es habitualmente por lo menos cuatro veces el valor de la renta anual derivada de la venta de la electricidad suministrada desde aquella red.

Por otra parte, en las redes modernas el contenido de mano de obra directa en el costo de producción y suministro de la electricidad puede ser bastante pequeño, y como existe la tendencia a aumentar el empleo de dispositivos automáticos para la explotación y el control, las redes futuras pueden implicar un uso aún menos intensivo de mano de obra.

En la decisión de iniciar el suministro de electricidad influirá la estimación de la utilidad probable. En el sector residencial esto será evaluado calculando si la renta disponible de una proporción suficientemente grande de la población es o no suficiente para satisfacer las necesidades esenciales de ésta en cuanto a alimentación, vestuario y vivienda y

/tener bastante

tener bastante sobrante como para pagar el precio exigido por un servicio de alumbrado, energía y probablemente calefacción. La electricidad estará en competencia con todos los demás bienes en que se reparte el ingreso disponible de la gente a quien se propone servir.

Análogamente, la tasa de crecimiento de la demanda de electricidad para fines residenciales dependerá del lugar más o menos elevado que este servicio ocupe en la lista instintiva de prioridades domésticas. La experiencia demuestra que el empleo de la electricidad aumenta a medida que el nivel general de vida mejora. Las necesidades humanas básicas siempre tienen la primera prioridad pero cuando la renta disponible está materialmente por sobre este nivel de subsistencia, la electricidad, en razón de lo mucho que es capaz de hacer por aliviar las tareas y proporcionar condiciones de vida confortables, siempre cuenta con una buena porción de la renta superflua.

Como se expuso anteriormente, el equipo empleado en producir y transmitir la electricidad es costoso. Ahora el calor es la forma más humilde de energía. Es la forma en que se disipan todas las demás formas al realizar un trabajo. La fricción de los neumáticos, que permite el desplazamiento de un automóvil, se disipa en forma de calor, al igual que el trabajo que hace un torno al cortar metal. El calor, y especialmente el calor de baja temperatura, es un residuo energético de utilidad mínima. De aquí que habitualmente se establezca que la electricidad no puede ser vendida en condiciones de competencia a la gente de menos recursos simplemente para disiparla directa e inmediatamente en calefacción de ambientes. La gente de medios modestos generalmente encontrará una manera menos costosa de proporcionarse calefacción.

Por consiguiente, una organización que se proponga introducir una red abastecedora de electricidad para una población de ingresos bajos deberá considerar primero si se la puede hacer remunerativa al atender las necesidades de aquella población solamente en lo que respecta a luz y fuerza.

El empleo de la electricidad para fines industriales, y la tasa de aumento en su empleo, se encuentra en un plano algo diferente. Si se pretende que un país mejore su nivel de vida debe aumentar el valor (es decir la utilidad) de sus recursos naturales. La posibilidad de hacer esto en escala apropiada depende primero de que se cuente con los recursos naturales

en cantidad suficiente. A este respecto los recursos naturales importantes son el agua, el combustible (o su equivalente en fuerza hidroeléctrica), los minerales de todas clases, un suelo fértil y la producción maderera. Estrictamente hablando no es necesario disponer de una reserva o abastecimiento abundante de todas estas cosas, puesto que, si algunos existen en abundancia y son transportables, ellos o sus derivados pueden ser vendidos en el exterior y el producto utilizado para adquirir aquellas cosas con que no se cuenta localmente.

Sin embargo, es especialmente afortunado aquel país que está bien dotado de todos ellos.

Suponiendo la existencia de algunos recursos naturales, la manera normal de aumentar su valor es trabajar con ellos inteligentemente. Todos los recursos naturales son un don gratuito; damos mayor valor al agua al captarla para fines domésticos, energéticos o de riego; los combustibles y minerales adquieren valor al ser extraídos de la tierra y ser transportados a los sitios de consumo. Su valor es susceptible de experimentar un aumento ulterior mediante la refinación y el tratamiento.

Todo esto puede ser hecho en pequeña escala mediante el trabajo manual, pero, si se desea hacerlo en gran escala, se necesita la ayuda de equipo accionado a motor. Necesitamos aprovechar la energía natural.

La dificultad primordial para obtener la puesta en marcha de una explotación de esta clase reside en que la adquisición de los materiales o equipo para extraer y elaborar el combustible y los minerales, y para el suministro de agua, energía hidroeléctrica y riego, habitualmente requiere el uso de capital en una escala difícil de alcanzar mediante los ahorros en una población de bajo nivel de ingresos por mucho que trabajen y muy austeros que sean sus miembros.

Aparte, por consiguiente, de la circunstancia de contar con materias primas y combustible, la tasa de desarrollo en estas etapas iniciales dependerá de la aptitud para atraer capitales extranjeros, ya sea en forma de dinero o de equipo. El capital fluirá hacia aquellos proyectos en donde el provecho y la garantía sean más satisfactorios, de modo que la tasa de desarrollo podría depender de la estabilidad de los gobiernos e instituciones de las naciones, la política que garantice la seguridad de las inversiones

/extranjeras y

extranjeras y la viabilidad económica de los proyectos en que se hará la inversión.

Otra materia que podría influir sobre la tasa de desarrollo industrial es la circunstancia de contar con personal preparado para administrar, explotar y conservar el costoso equipo, así como diseñar y dirigir los procesos en virtud de los cuales se valorizan las materias primas. Estos valiosos productos deben luego ser empleados provechosamente en el interior o vendidos al exterior.

Por último, la tasa de progreso puede sufrir la influencia del estado de ánimo favorable por parte de un número suficiente de gente dispuesta a cambiar la vida sencilla de la agricultura y la pesca por el interrelacionamiento más complejo de una población industrial que ofrece la posibilidad de un nivel de vida más elevado pero quizá disminuya la libertad personal. El clima desempeñará un papel en esta decisión, ya que mientras más agradable es el clima hay menos tendencia a dejar de mano la vida sencilla.

1. Métodos para la predeterminación del crecimiento de la demanda y consumo eléctricos

De las generalidades anteriores se podrá observar que no existe una fórmula sencilla susceptible de ser aplicada para determinar de antemano la tasa de desarrollo de la energía eléctrica en sus etapas iniciales. Ello dependerá de un gran número de condiciones, algunas de las cuales han sido ya mencionadas. La existencia e importancia de las condiciones individuales variarán de un caso a otro.

La solución práctica en sistemas nuevos y aislados es un proceso gradual. Actualmente demora por lo menos tres a cuatro años la construcción de una central de energía y por lo menos dos años para agregar más maquinarias a una central existente. Por consiguiente, quienes inicien un sistema de energía eléctrica deben consultar una capacidad suficiente para atender a la demanda calculada para tres a cuatro años a contar de la fecha en que la primera planta generadora es puesta en servicio. El cálculo de esta demanda será hecho mediante una investigación de mercado, probablemente la concertación de contratos con los consumidores industriales en perspectiva, conjeturas razonables u otros procedimientos. Esta medida permitirá ganar por lo

/menos un

menos un año de experiencia real de abastecimiento antes de que sea necesario pedir maquinaria para la primera ampliación. Mediante la propaganda se puede lograr una aceleración en el ritmo de crecimiento de la demanda, si es eso lo que se desea; la tasa real de crecimiento del consumo estará condicionada a la aptitud de suministro y esto, a su vez, es posible que lo determine la disponibilidad de capital. En los primeros años la cuantía total será bastante pequeña a menos que exista alguna circunstancia muy especial, como la explotación espectacular de un recurso natural local. En este caso, sin duda alguna, se habrá provisto capital para esta explotación comercial y no habrá dificultad en obtener más para financiar un sistema de energía para atenderla.

La explotación debe, por consiguiente, ser basada en lo empírico en sus primeros tiempos. A medida que se gana experiencia será posible usar la tasa de crecimiento anterior corregida de acuerdo con los acontecimientos locales conocidos como guía para calcular lo que será necesario, supongamos, dentro de cinco años. Se puede obtener orientación de la experiencia de otros países insuficientemente desarrollados, de un estudio de la correlación del crecimiento de la electricidad y del ingreso nacional, suplementado por un análisis del empleo potencial por los principales sectores consumidores.

La experiencia de los países industrialmente desarrollados es que una vez que se ha establecido firmemente un sistema de energía eléctrica, la tasa de crecimiento de la demanda es exponencial. No obstante, la experiencia primitiva de los países industrializados puede ser algo desorientadora. Estos países estaban considerablemente avanzados cuando el empleo de la electricidad comenzó a desarrollarse y su tasa de crecimiento de la electricidad es en parte resultado de la electrificación de la industria existente. También los niveles de ingreso permitieron el desarrollo de la electrificación doméstica a una tasa que no sería practicable en países menos industrializados.

En el Reino Unido la demanda se ha más que duplicado cada diez años desde 1920, y no parece que se llegará pronto a la saturación. El gráfico I muestra el crecimiento real. El suministro general de electricidad comenzó alrededor de 1880 y el gráfico I indica la lentitud del desenvolvimiento habido en los cuarenta años transcurridos antes de 1920 en comparación con el que hubo en los cuarenta que siguieron a dicho año. Ello se debe en parte

/al efecto

al efecto multiplicador del crecimiento exponencial, y en parte a que en el período anterior la máquina de vapor (en el progreso de la cual Gran Bretaña había sido la precursora) era de uso general para proporcionar energía para muchas fábricas individualmente consideradas y no había justificación económica para cambiar al método nuevo hasta tanto no fuese necesario proceder a reemplazar las máquinas existentes.

La importancia de una previsión exacta aumenta a medida que crece la demanda y a medida que la posibilidad de alcanzar la saturación se convierte en una realidad. Se deben confeccionar planes generales para quince a veinte años más adelante, por ejemplo, y planes más detallados para cinco a siete años, en tanto que se entra habitualmente en compromisos contractuales a ejecutar dentro de cuatro años para las instalaciones generadoras y dos años para instalaciones distribuidoras. Cuando la demanda aumenta con persistencia, un cálculo inteligente del crecimiento debe garantizar que la capacidad de la maquinaria correspondiente se encuadrará a la demanda dentro de límites estrechos. Si el cálculo es ligeramente optimista, se puede contar con maquinaria un año antes de ser ella necesaria; si el cálculo es pesimista, la organización abastecedora tendrá serias dificultades para responder a la demanda sin caída de voltaje. El objeto es contar con la instalación ni demasiado pronto ni demasiado tarde. Cuando la tasa de crecimiento tiende a disminuir, se agudizan los problemas de quien está a cargo de los cálculos. El debe prever qué cambios en las tendencias del momento afectarán la demanda y cuál será el resultado de ello en términos cuantitativos.

La importancia de los cálculos exactos puede ser ilustrada por la circunstancia de que en el Reino Unido el gasto directo anual de capital en el servicio de suministro de electricidad es de alrededor de 330 millones de libras. Esto es aproximadamente 9 por ciento de la inversión interna de capitales en el país. Si se gastaran capitales innecesarios en el suministro de electricidad se podría entorpecer el desarrollo de algún otro proyecto conveniente; un gasto insuficiente de capital en el servicio eléctrico podría comprometer todo el desarrollo económico de la nación.

En un sistema integrado sobre una base nacional es necesario emplear un pequeño estado mayor de expertos que trabajen continuamente en el cálculo de las futuras necesidades tanto en kilovatios como en kilovatio-horas.

/En esta

En esta forma, se estructura un fondo de conocimiento de los hechos pasados y una apreciación de las otras tendencias nacionales capaces de ejercer influencia sobre el crecimiento.

La manera más sencilla de calcular consiste en extrapolar la reciente tendencia exponencial. En períodos de crecimiento exponencial parejo esto dá un resultado susceptible de ser lo suficientemente exacto con cuatro años de anticipación. El ejercicio se repite anualmente, de modo que si se produce algún cambio en la tasa real de crecimiento se le prestará debida consideración en la extrapolación. Aquí es necesario distinguir entre un cambio fundamental en la tasa de crecimiento y un cambio accidental originado por, supongamos, un estado atmosférico anormal ó un período temporal de prosperidad ó de crisis en la actividad comercial. Es en este caso en donde entran en juego la pericia y experiencia de los calculistas al hacer uso de las estadísticas a su disposición.

Un segundo método de cálculo, más refinado, consiste en relacionar el crecimiento de la demanda con los diversos índices económicos nacionales. El producto nacional bruto y el índice de producción industrial son dos de los cuales existen series estadísticas a largo plazo. Los calculistas conocen la historia de estos índices y se esfuerzan por evaluar sus tendencias futuras a la luz de las informaciones nacionales é internacionales a su alcance. Diversos otros organismos intentan proyectar estos índices con varios años de antelación y los resultados obtenidos constituyen referencias cruzadas. La relación de crecimiento del consumo eléctrico en el pasado puede ser aplicada a la mayoría de las tendencias probables.

Un cálculo de esta naturaleza siempre es ajustado a la luz de lo que se sabe acerca de los proyectos de adelanto evaluados por separado para cada industria. Las tendencias en el uso residencial y comercial son también debidamente tomadas en consideración. En esta forma se estructura paso a paso una evaluación del crecimiento total del consumo sobre la base de las informaciones nacionales e internacionales. Este ejercicio se repite anualmente y cada vez el resultado se proyecta un año más hacia el futuro.

Un tercer método consiste en cotejar los cálculos hechos por las organizaciones regionales de suministro de electricidad sobre la base del

conocimiento de los adelantos en su región. Estas organizaciones tienen unidades de administración más pequeñas que tienen conocimiento detallado de los adelantos principales en la vivienda y en la industria en su distrito. En esta forma, es posible reunir un cuadro detallado de lo que significarán los adelantos conocidos en términos de requisitos en kilovatios y kilovatio-horas.

Esto se rectifica en dos formas; una, mediante la eliminación de cálculos duplicados en donde los industriales han elevado solicitudes en más de un distrito para lo que en último término surgirá como un solo proyecto, y dos, mediante la aplicación de factores apropiados para adelantos generales acerca de los cuales aun no se han hecho consultas específicas.

Una ventaja de estos cálculos regionales es que indican la modalidad geográfica del aumento de demanda, un punto de importancia para el organismo central responsable del programa nacional de generación y transmisión.

A base de estos tres juegos de informaciones se prepara y presenta, junto con los documentos justificativos, un cálculo final de la demanda y producción para que la Junta que corresponda acuerde una política a seguir. Los cálculos aprobados en esta forma se convierten en la base de los programas de adquisiciones de maquinaria y combustible para los años respecto a los cuales es necesario entrar en compromisos contractuales. Estos son considerados "a firme" por los primeros cinco años anticipados, "provisorios" por el sexto año y "pro forma" a partir del séptimo año. Los programas de maquinaria que de ello se derivan forman la base principal del programa de inversión de capital de la industria en cada uno de los años por los cuales se ha entrado - ó se está entrando - en compromisos y respecto a los años más allá de este período para los cuales se necesita informaciones sobre planeamiento adelantado en general.

2. La evaluación económica de los recursos primarios autóctonos

La evaluación económica de las fuentes autóctonas de energía primaria podría ser considerada bajo dos encabezamientos:

- (1) Valuación de los diversos recursos autóctonos relacionados entre sí.
- (2) Valuación en relación a los recursos primarios del exterior que se podría importar.

Antes de llevar a término una evaluación económica de acuerdo con el punto 1) sería necesario conocer la cantidad de energía proveniente de cada fuente en competencia y la tasa a la cual podría ser extraída y el costo para el cliente.

En esta forma, para las fuentes hidráulicas, se debió haber hecho un estudio hidrodinámico é hidrometeorológico a lo largo de muchos años para obtener datos fidedignos del caudal máximo, mínimo y medio, el ciclo de caudal máximo y mínimo y un cálculo de la proporción del caudal que estará disponible para la generación de energía. De manera semejante, si se crea un embalse artificial para aprovechar las aguas superficiales de una zona de captación dada, es indispensable contar con mediciones a largo plazo de la evaporación y absorción de las aguas lluvias.

En la mayoría de los países en vías de desarrollo tales documentos estadísticos no habrán sido recogidos a lo largo de un período suficiente como para proporcionar una orientación fidedigna.

Sin embargo, si se pretende usar sólo una fracción del caudal, es posible calcular los costos basándose en este proyecto limitado sin contar con estadísticas de largo plazo.

Si el combustible a emplear es carbón es indispensable conocer por los estudios geológicos y por las garantías de explotación las proporciones y tonelaje de cada manto carbonífero, la calidad del carbón, la tasa mínima de rendimiento que será puesta a la disposición para fines de energía y el precio estimado por tonelada en la bocamina para un período por lo menos igual a la vida económica de la central de energía en proyecto.

Informaciones apropiadas de naturaleza semejante se necesita en el caso del petróleo autóctono.

En cada caso la evaluación comprenderá el costo de conversión y el costo de transporte al lugar de empleo. Tratándose del carbón y petróleo existe la posibilidad de escoger entre transportar el material primario ó la electricidad. En el caso del carbón británico es más barato transmitir la electricidad por línea aérea a 275 kV que transportar el carbón si la distancia es superior a 60 millas y la carga media de la línea no es inferior al 70 por ciento de su capacidad de carga nominal. Esto es valadero en general para el transporte por ferrocarril en circunstancias similares a las británicas. Para transporte marítimo, que es más barato, la distancia económica mínima será mayor.

Una de las mayores dificultades que hay para hacer estas comparaciones económicas es la de calcular el precio entregado del combustible por toda la vida económica de la central de energía. No hay una solución sencilla para este problema; ella depende del efecto diferencial del de los salarios y de la inflación en general sobre el costo del combustible procedente de fuentes alternas. Lo mejor es hacer una cantidad de cálculos, cada uno basado sobre un costo supuesto de combustible y hacer las comparaciones con discreción. Los cálculos alternativos deben abarcar la probable gama de los costos a través del periodo.

En muchos casos se decidirá continuar con un desarrollo por consideraciones que no sean puramente económicas. Por ejemplo, la comparación económica general puede ser favorable a un proyecto hidroeléctrico, pero si el costo de capital de ese plan es más elevado que el de un proyecto térmico de igual rendimiento, es posible que el plan menos económico tenga primera prioridad por falta de capital.

Como se mencionó anteriormente es posible que haya que comparar el costo de utilización de los recursos autóctonos con el de los recursos importados.

El argumento anterior se justifica también en este caso y, además, es posible que haya que tener en consideración los problemas del balance de pagos al tomar una decisión sobre política.

3. Problemas del desarrollo de plantas y de sistemas

Los criterios económicos para la ampliación de sistemas de energía dependen del tamaño del sistema y del resultado de las evaluaciones mencionadas en la sección anterior.

En un sistema aislado, la capacidad generadora de reserva no deberá ser inferior a la capacidad del mayor equipo generador, para garantizar que el mayor de los equipos puede quedar fuera de servicio sin perjuicios para la satisfacción de la plena demanda. El cumplimiento de este requisito en la forma más económica restringe a veces el tamaño del equipo más grande que es posible usar a una capacidad muy por debajo del que es posible fabricar. Por ejemplo, en una red con una demanda de 90 megavattios, el equipo de mayor tamaño tendría probablemente una capacidad no mayor de 30 MW y la unidad de reserva susceptible de proporcionar seguridad sería, por consiguiente, un 33 por ciento de la demanda de la red.

En un sistema interconectado de 2 000 MW de demanda, la capacidad de reserva puede ser combinada a través de una cantidad de centrales de energía y probablemente será el 15 por ciento de la demanda, o supongamos 300 MW. De acuerdo con la técnica moderna podría ser construido en la forma de un equipo de 300 MW, pero probablemente en una red de este tamaño podría ser suministrado en la forma de dos equipos de 150 MW o aún tres de 100 MW.

Para una demanda en la red de 20 000 MW, la capacidad adicional sería probablemente 10 por ciento o sea 2 000 MW. Esto es mayor que la capacidad de cualquier equipo que sea posible fabricar en el estado actual del conocimiento. De aquí que una red de este tamaño permita el empleo de los equipos mayores y más económicos que sea practicable diseñar y construir.

Las economías de tamaño en los equipos y centrales de generación térmica están ilustradas en el cuadro k, que se basa en la experiencia real.

/Cuadro 1

Cuadro 1

Tamaño de la unidad (MW instalados)	Indice de eficiencia térmica	Indice de costo de capital de la central completa
30	100	100
60	112	85
100	123	87
120	131	79
200	138	75
275	138	61
550	140	58

En realidad las economías de tamaño son algo mayores que aquellas que indica el cuadro debido a que el costo de las centrales dotadas de los mayores equipos se basa en los precios de 1959 y el de las demás centrales sobre los niveles de precio más bajos obtenidos algunos años antes.

Estas economías no se limitan al costo de capital. Fundamentalmente, la eficiencia de la conversión del combustible crudo a electricidad depende de la diferencia entre la presión y temperatura iniciales y finales del fluido motor. Por consiguiente, es una feliz coincidencia que el vapor de alta presión y elevada temperatura pueda ser usado con máxima eficacia en las grandes turbinas. Aunque es preciso usar materiales costosos para contener en forma segura este vapor muy caliente existe una ganancia económica general tanto en los costos de capital como en los de explotación al emplear grandes equipos técnicos apropiados para estas condiciones siempre que la idea no se lleve a extremos exagerados. En el actual estado del conocimiento existe un límite económico superior de temperatura (principalmente debido a la disminución del retorno sobre la inversión más allá de este límite, como también a la falta de materiales capaces de soportar mayores temperaturas por períodos largos). Este límite, que actualmente es de alrededor de 1 050°F, deberá ser elevado cuando los metales con características térmicas superiores estén disponibles a un costo razonable.

/La interconexión

La interconexión y la explotación unificada de sistemas aislados posibilita estas economías de tamaño. En un sistema muy grande y fuertemente interconectado no sólo pueden usarse grandes equipos generadores sino que también es posible emplazar centrales de energía cerca de las fuentes de combustible y así sacar partido de las economías de la transmisión eléctrica en comparación con el transporte físico del combustible a las centrales de energía emplazadas cerca de los sitios de empleo.

Aún más, en un sistema fuertemente interconectado es posible explotar los equipos generadores más económicos a pleno rendimiento durante todo el tiempo que estén disponibles, independientemente de la ubicación de la demanda eléctrica.

Finalmente, un sistema de esta naturaleza se adapta en buena forma a la integración de las centrales convencionales térmicas, nucleares ó hidráulicas. En la actualidad existe una tendencia a construir las centrales accionadas a energía nuclear en puntos alejados de los centros de población. Por otra parte, el costo de la electricidad procedente de fuentes nucleares es el más bajo de todos si estas centrales son explotadas al factor de carga de maquinaria más elevado practicable. Estos requisitos tienden a entrar en pugna a menos que exista una poderosa red de transmisión entre las centrales de energía y los lugares de empleo. Del mismo modo, la energía hidráulica - sea directa ó almacenada por bombeo - puede habitualmente ser integrada en forma sumamente económica en una red de abastecimiento fuertemente interconectada.

Cada país relacionará estos principios generales a sus propias circunstancias y los pondrá a prueba a la luz de las condiciones locales.

4. Requisitos de inversión y medios de financiamiento

Tres de los elementos más críticos son el clima, la topografía y el financiamiento.

El clima y la topografía determinarán la disponibilidad de agua y las prioridades de aprovechamiento para regadío, defensa ribereña y explotación de la energía hidroeléctrica. La disponibilidad, en este sentido, es algo que los proyectistas no pueden alterar y las prioridades /de aprovechamiento

de aprovechamiento dependerán de la fertilidad natural del suelo sin regadío, la necesidad de defensa ribereña y la relatividad de los costos reales de la energía generada por medios hidráulicos y de otras fuentes existentes. En todo caso, todos los proyectos estarán condicionados a la voluntad y dinamismo de la gente para llevar adelante las tareas necesarias, a través de los diversos organismos, y la medida en que ello se logre dependerá de la existencia de los medios necesarios para su financiamiento. Como ya se dijo, los trabajos iniciales podrían ser financiados con inversiones extranjeras, pero a la larga es la voluntad y posibilidades de la población local para hacer remunerativa la inversión y próspera la empresa lo que influye sobre la posibilidad de obtener más capitales extranjeros o de generar capitales locales. El clima tiene mucho que ver con el nivel energético de la gente.

Entrando en detalles, es imposible dar los costos de capital relativos del equipo de generación, transmisión y distribución que serían aplicables a cada país y a cada fuente de energía.

El costo de los proyectos hidroeléctricos depende mucho de las condiciones locales. A veces estas son más apropiadas para energía de carga base a veces es practicable sólo un proyecto de carga máxima. Entre estos dos extremos el costo por kilovatio o por kilovatio-hora puede diferir extensamente y, sin embargo, si se hace una elección juiciosa, cada uno en el emplazamiento que le corresponda puede ser lo más económico si se considera la red abastecedora en su conjunto.

Además, los cargos anuales de capital son el costo principal de un proyecto hidroeléctrico y desde que una gran proporción del capital se gasta habitualmente en obras de ingeniería civil, que son de larga vida útil, el cargo por depreciación o rescate se puede diluir a lo largo de este prolongado período.

El costo relativo de capital de las centrales termoeléctricas convencionales en relación al tamaño de los equipos generadores para las condiciones británicas está ilustrado en el Cuadro 1.

La relación de costo medio por kilómetro de línea de transmisión aérea para las líneas de 11 kV, 33 kV, 132 kV y 275 kV en Gran Bretaña está ilustrado en el Cuadro 2.

Cuadro 2

COSTO RELATIVO DE LAS LINEAS AEREAS EN GRAN BRETAÑA

Descripción de la Línea	Voltaje kV	Costo Relativo por kilómetro	Capacidad Nominal (de cada circuito) M.V.A.
Trifásica de circuito simple (con conductores de aleación de aluminio, equivalente de cobre de 0.15 plg. cuad. sobre postes sencillos de madera y aisladores del tipo de varilla)	11	100	7.5
Trifásica de circuito doble (con ...)	11	190	7.5
Trifásica de circuito simple (con ...)	33	110	22.5
Trifásica de circuito doble (con ...)	33	200	22.5
Trifásica de circuito simple (con conductores de aluminio con alma de acero, equivalente de 0.175 plg. cuad. de cobre sobre torres de acero y aisladores de suspensión)	132	370	100
Trifásica de circuito doble (con conductores de aluminio con alma de acero, equivalente de cobre bifilar de 0.4 plg. cuad. consistente cada fase en dos conductores de esta clase, sobre torres de acero y aisladores de suspensión)	275	950	620

/La capacidad

La capacidad de carga nominal de cada circuito está indicada para las condiciones británicas en donde las distancias de transmisión son bastante cortas.

En cualquier análisis completo el costo de transmisión comprenderá el costo de las líneas más el costo del equipo terminal. En donde las distancias de transmisión son cortas, el costo del equipo terminal expresado como proporción del total es mayor que en donde las distancias de transmisión son largas.

El costo y la eficiencia de un sistema de distribución está sometido a la influencia del voltaje de suministro a los consumidores ordinarios. La diferencia en este costo para los suministros monofásicos a 120 y 250 voltios es muy favorable al voltaje más elevado. La experiencia ha demostrado que en la práctica existe pequeña diferencia en cuanto a factor de seguridad entre dos sistemas de esta clase. Aparte de la diferencia en costo de abastecimiento en cualquiera etapa de aprovechamiento, la red de voltaje más elevado tiene una capacidad mucho mayor y es capaz de ulterior ampliación a menos costo que la red de voltaje más bajo.

En todas las redes de distribución es económicamente importante llevar el suministro de alto voltaje (digamos 33 - 15 ó 11 kV) hasta tan cerca como sea practicable de los terminales del consumidor - en otras palabras, reducir a un mínimo la longitud de la distribución de mediano voltaje.

Por fin, probablemente valga la pena dejar sentado que, si se quiere que los sistemas abastecedores individualmente considerados extraigan el máximo de beneficio de la interconexión deben todos ellos funcionar a la misma frecuencia. En donde las frecuencias de los sistemas abastecedoras difieren, la uniformación de la frecuencia debe ser un objetivo del planeamiento nacional.

El financiamiento del servicio de energía eléctrica presenta problemas en todos los países. Primero, es un servicio que exige densidad de capital y, segundo, es un servicio casi monopolístico. En la mayoría de los países se estima que un servicio de carácter vital para la mayor

/parte de

parte de la actividad industrial y que goza de derechos de monopolio, en el sentido de que no se permite a nadie proporcionar el mismo servicio en la misma zona de suministro, debe quedar bajo cierto grado de control por parte de la autoridad de abastecimiento en cuanto al precio cobrado por el producto y a las utilidades distribuidas. En la práctica la remuneración ofrecida al inversionista debe ser suficiente para atraer capitales y, en donde la industria es de densidad de capital, la remuneración debe atraer una gran inversión de capitales. Una cifra de 80 a 100 libras esterlinas por kilovatio de demanda máxima parece estar en lo correcto.

Los activos empleados en el servicio de energía eléctrica se caracterizan por su larga vida útil. Al término de su vida útil, un activo es desechado como fierro viejo y se adquiere otro en su reemplazo. Así se puede obtener un cuadro valedero de la parte de un activo que se consume durante cada año de su vida útil. De aquí que una empresa podría muy apropiadamente deducir anualmente de sus ingresos un monto de reserva equivalente al valor de los activos consumidos en el año. Si estos aportes se basan en el costo histórico del activo, entonces el total así reservado con respecto a determinado activo equivaldría al término de su vida útil a su costo histórico. En un período de inflación continua esta cantidad puede no ser suficiente para adquirir un reemplazo exacto. Frente a esto se podría argüir que en un período de grandes adelantos tecnológicos el reemplazo será algo muy diferente del original y que su costo real por kilovatio puede ser más bajo y su comportamiento económico mejor. Estos son puntos que merecen discusión y mucho depende del grado de inflación y de la medida de adelanto tecnológico.

Una solución es el empleo del costo histórico completo en cálculos de depreciación teniendo en cuenta un período moderado en calidad de vida "útil" y tratando el valor final de la chatarra como aporte adicional al costo de reemplazo.

Sea cual sea el método que se emplee, habrá un aporte anual a la depreciación que, en una industria durable, puede ser empleado convenientemente, a medida que se acumula, para financiar la adquisición de nuevos activos.

/Otro método

Otro método de ayudar a financiar la adquisición de nuevos activos consiste en hacer para estos fines uso de las utilidades retenidas.

En una industria que exija densidad de capital y se esté expandiendo con bastante rapidez los dos medios de financiamiento ya referidos serán insuficientes para proporcionar todo el capital requerido a menos que la reinversión de utilidades sea muy considerable.

Normalmente, por consiguiente, en el servicio de energía eléctrica es necesario contraer préstamos mediante la emisión de bonos o acciones comunes. Los bonos a fecha fija deben ofrecer interés a una tasa lo suficientemente alta como para atraer al inversionista institucional. La tasa de interés en perspectiva y/o la perspectiva del aumento del capital deben ser suficientes como para atraer al inversionista en acciones comunes. Todos estos puntos de vista están realizados por la seguridad de la inversión. En algunos países en donde el servicio de suministro de electricidad es de propiedad fiscal, tanto el capital como el interés están garantizados por el Gobierno. Los bonos a fecha fija emitidos bajo tal garantía ofrecen interés a tasas que difieren poco de la tasa a que el Gobierno está pidiendo prestado para el mismo período de empréstito.

Resumiendo este capítulo podría decirse que:

Los aportes anuales con respecto a la depreciación de los activos deben ser suficientes como para responder al costo de los activos consumidos en aquel año.

Las utilidades retenidas pueden ser empleadas para financiar nuevos gastos de capital. Las condiciones en que se puede pedir prestado el capital deben atraer y satisfacer a los que prestan.

En la mayoría de los países existe dinero en busca de inversión y dicho dinero procede de una variedad de fuentes internas. Por ejemplo:

El ahorro privado

Excedente de financiamiento gubernativo

Empréstitos internos gubernativos

Primas de Seguro y Fondos de Retiro

Excedentes retenidos procedentes de empresas

/industriales, comerciales

industriales, comerciales y financieras

Inversiones a fecha fija cuyo plazo ya ha vencido.

En donde las fuentes nacionales internas son insuficientes, o no pueden ser atraídas en cantidad suficiente, será necesario pedir prestado en el exterior para hacer frente a los requisitos de inversión de la industria de la energía eléctrica.

En donde el activo es adquirido de un proveedor extranjero, una forma de financiamiento consiste en obtener un crédito a largo plazo para su pago. En una transacción de esta clase es evidente que el costo de lo que es un bien de capital para el comprador es sencillamente el costo de los materiales, salarios, gastos generales y utilidad para el fabricante del equipo. Es raro que un fabricante pueda postergar el pago de estos costos a sus proveedores o a su personal de trabajo. De aquí que si se quiere concertar condiciones diferidas, ello sea habitualmente a través de un intermediario dispuesto a hacer el adelanto en términos que le parecen convenientes en relación al riesgo que asume. Algunos gobiernos operan como garantes de un fondo de créditos de exportación que tiene por objeto permitir cierta flexibilidad al concertar créditos a corto plazo. Un prestamista internacional bien cimentado es el Banco Internacional para la Reconstrucción y Fomento.

RESUMEN

La electricidad es una forma refinada de energía y su producción y distribución es un proceso que requiere fuertes inversiones de capital. La decisión de comenzar a abastecer de electricidad a una población estará condicionada al cálculo de las utilidades que producirá dicho abastecimiento. En lo residencial, será necesario que este cálculo tome en cuenta que la electricidad estará en competencia con muchos otros factores, incluso las necesidades humanas fundamentales. Para evaluar el alcance de los suministros industriales, el factor determinante es la capacidad de la población para explotar sus recursos naturales de agua, combustible, minerales de todas clases, fertilidad de agro y bosques. El ritmo de explotación en las etapas iniciales dependerá de la capacidad para atraer capital extranjero, ya sea en forma de dinero o en forma de equipo.

No existe una fórmula sencilla para predeterminar el ritmo inicial del aprovechamiento de la energía eléctrica y esto ha de hacerse sobre una base puramente empírica. La experiencia de los países industrialmente desarrollados es, sin embargo, que una vez que se ha establecido firmemente un sistema de energía, el ritmo de crecimiento de la demanda es exponencial.

La importancia de una previsión exacta aumenta paralelamente a la demanda, y en un sistema de suministro que está integrado sobre una base nacional es necesario emplear un pequeño grupo de expertos que se ocupe de esta labor en forma permanente. Hay tres métodos en uso para calcular la demanda y la producción. El método más sencillo consiste en extrapolar la reciente tendencia exponencial. Una manera más refinada consiste en establecer una relación entre el crecimiento de la demanda y los diversos índices nacionales, como el producto nacional bruta y el índice de producción industrial. El tercer método consiste en cotejar los cálculos hechos por los organismos regionales abastecedores de electricidad, sobre la base del conocimiento del desarrollo de los acontecimientos en sus respectivas regiones. Una ventaja de estos cálculos regionales es que indican la modalidad geográfica del aumento en la demanda, un punto de importancia para el organismo central
/responsable del

responsable del programa nacional de generación y transmisión. Los cálculos finales de la demanda y producción a someter a la consideración de la Junta de Administración se basan en estos tres grupos de información.

El establecimiento de los criterios económicos para la explotación de un sistema de energía exige una evaluación de los recursos primarios autóctonos de energía, en relación no solamente entre sí sino también con los recursos primarios externos que podrían ser importados. En el caso de la energía hidráulica, no habría necesidad de datos precisos a través de muchos años sobre antecedentes como caudales máximos, mínimos o medianos. Para el caso del carbón o petróleo autóctono, sería indispensable conocer la extensión de los yacimientos, la calidad del combustible, la tasa mínima de producción que podría ser puesta al servicio de objetivos energéticos, y el precio de entrega calculado del combustible para un período equivalente por lo menos a la vida económica de la central de energía en proyecto. También existe con el carbón y petróleo el problema de elegir entre transportar el combustible primario o la electricidad derivada de él.

Otro factor lo constituyen las dimensiones del sistema de energía, que conducen a consideraciones tales como el tamaño de los equipos generadores y la cantidad de capacidad generadora suplementaria a instalar. Las economías de los equipos de gran tamaño residen tanto en los costos de capital como en los gastos de funcionamiento y se obtienen en mejor forma en un sistema muy grande y fuertemente interconectado. Un sistema de esta clase posibilita el emplazamiento de centrales de energía cerca de las fuentes de combustible y por ello permite sacar partido de las economías de la transmisión eléctrica; además, se adapta en buena forma a la integración de centrales térmicas, nucleares e hidráulicas.

Los bienes empleados en la industria abastecedora de electricidad se caracterizan por su larga vida. Los métodos de financiamiento de la industria son a) estipulación con respecto a la depreciación de los bienes, de aportes anuales suficientes para responder al costo de los bienes consumidos cada año; y b) emplear las utilidades no repartidas. En una /industria que

industria que exige la inversión de fuertes capitales y que se está expandiendo con bastante rapidez, estos dos métodos de financiamiento normalmente serán insuficientes para proporcionar la totalidad del capital requerido, en cuyo caso es necesario pedir capital prestado mediante la emisión de bonos o acciones comunes. En aquellos casos en que los recursos monetarios propios del país son insuficientes o no es posible atraerlos en cantidad suficiente, puede ser necesario recurrir a empréstitos en el exterior.

GROWTH OF PUBLIC ELECTRICITY SUPPLY IN THE UNITED KINGDOM

CRECIMIENTO DEL SUMINISTRO PUBLICO DE ELECTRICIDAD EN EL REINO UNIDO

THOUSANDS OF MILLIONS OF UNITS SOLD
MILES DE MILLONES DE UNIDADES VENDIDAS



