

ANAALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE



MARZO

SUMARIO

— Ing. Eugenio Salazar: *Inversiones en utilización eléctrica.*

— Ing. José Léniz Cerda: *Consideraciones sobre el cálculo de techumbres en arcos.*

Necrología:

— Don Wenceslao Sierra Mendoza.

Crónica:

— *Segundo Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología.*

— *Profesionales titulados en las Facultades de Ciencias Físicas y Matemáticas de las Universidades de Chile y Católica de Chile desde 1939.*

ACTAS:

— *Sesiones N.os 796 y 797.*

N.º 3

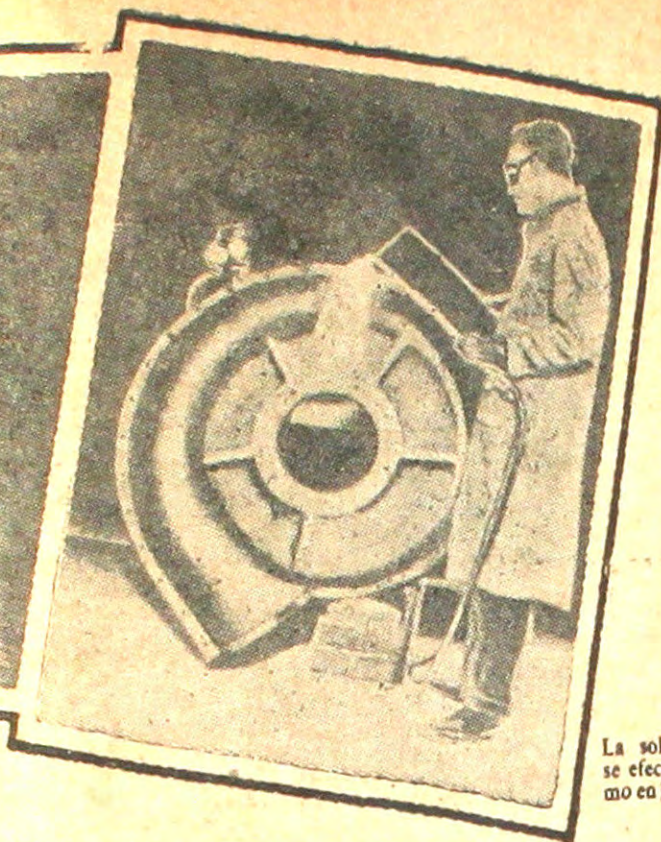
AÑO LIX



Rotura de 66 cm. bisclada para soldarla



La soldadura después de terminada.



La soldadura se efectuó como en 3 horas.

Háganse las soldaduras de reparación

con **BRONCE TOBIN**

para evitar alabeo y esfuerzos internos

Para cada obra que exija soldadura fuerte hay una varilla de soldar Anaconda que es la mejor adaptada a su objeto. He aquí las principales y sus puntos de fusión en grados centígrados:

Para soldadura oxiacetilénica	
Bronce Tobin*	885°
Bronce manganesado	870°
Bronce de soldar	890°
"Bronce naval"	885°
Cobre electrolítico	1083°
Cobre silicado	1083°
Bronce fosforado	1050°
Everdur*	1019°

Para soldadura eléctrica de arco	
Cobre silicado	1083°
Bronce fosforado	1050°
Everdur*	1019°

* Marca de fábrica registrada.

La caja de una bomba centrífuga se rajó en la superficie. Pesaba 159 kilos, y el reemplazo de una pieza de tal magnitud hubiera sido sumamente costoso y consumido mucho tiempo. Se resolvió soldarla, y, a fin de evitar el peligro de alabeo y esfuerzos internos, se escogió para ello el bronce Tobin con preferencia a los materiales ferrosos de soldar. El bronce Tobin no exige que se calienten más allá del rojo las superficies por soldar, y este calor moderado no dilata el metal lo suficiente para causar alabeo ni agrietamiento después de la soldadura.

Con gusto enviaremos a quienes la pidan la *Publicación Anaconda B-13*, que contiene detalles acerca de las varillas de Anaconda soldar. Dirigirse a Anaconda Copper Mining Company, Casilla 83-D, Santiago.

ANACONDA COPPER MINING COMPANY
Chile Exploration Co. Andes Copper Mining Co.



VARILLAS ANACONDA DE SOLDAR

ANALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Sucesor

De la:

Y del:

“SOCIEDAD DE INGENIERIA”

“INSTITUTO DE INGENIEROS”

Fundada el 31 de Mayo de 1888

Fundado el 28 de Octubre de 1888

Con Personalidad Jurídica desde el 28 de Diciembre de 1900

Adherido a la USAI y a la CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

AÑO LIX

»

MARZO DE 1946

»

N.º 3

Comisión Editora: Carlos Ponce de León (Pdte.), Arturo Quintana, Santiago Bonhomme y Severo Vidal

Ing. Eugenio Salazar

Inversiones en utilización eléctrica

La realización del plan de electrificación del país requiere grandes inversiones en cada una de las etapas de producción, distribución y consumo, o utilización de la energía eléctrica.

Si, por una parte, deben invertirse sumas considerables en el desarrollo de los sistemas eléctricos primarios —centrales generadoras y redes de transmisión— el aprovechamiento de la energía producida en alta tensión implica gastos aún mayores en instalaciones de distribución y en artefactos, equipo e instalaciones de utilización de la energía eléctrica, en su gran variedad de aplicaciones.

Es de interés conocer la magnitud relativa de estas inversiones para formarse una idea del mercado que ha de crearse a las industrias de materiales y artefactos eléctricos con la terminación de las obras del Plan de Electrificación Primaria, teniendo presente que gran parte de este mercado podrá ser abastecido con industrias nacionales.

Desde otro punto de vista, es también interesante una estimación de esta especie, ya que puede permitir evaluar el monto de las inversiones necesarias en moneda extranjera, en materiales, artefactos y equipos eléctricos que no pueden fabricarse en el país.

Las inversiones en instalaciones de generación, transmisión y distribución eléctrica pueden obtenerse directamente de los activos inmovilizados de las empresas o calcularse con cierta aproximación, refiriéndolas al Kw de capacidad de las subestaciones distribuidoras primarias.

En los cálculos que se hacen a continuación, se trata de determinar, principalmente, de qué orden serían las inversiones necesarias en artefactos, equipos e instalaciones para utilizar la energía eléctrica, en el supuesto que los sistemas eléctri-

cos primarios estén aprovechados en toda su capacidad. En otros términos, se trata de estimar cuánto debe invertirse en utilización eléctrica por cada Kw disponible en las subestaciones primarias de un sistema.

Conviene dividir los consumos del sistema distribuidor, para este efecto, en tres categorías principales, a saber:

- 1) Residencial y Comercial.
- 2) Industrial.
- 3) Alumbrado Público.

1. SERVICIOS RESIDENCIAL Y COMERCIAL

POTENCIAS CONECTADAS EN SERVICIO RESIDENCIAL, PROMEDIOS.

Alumbrado: Como promedio general para servicio doméstico, suponemos una instalación de un circuito para 16 centros (1.300 watts), de los cuales unos 8 a 10 corresponden a alumbrado y el resto a enchufes. La potencia media conectada en alumbrado la estimamos, por consiguiente, en unos 650 watts por consumidor.

Artefactos:

Cocina.....	5,5 Kw.
Calentador de agua de acumulación.....	3,0 »
Refrigerador.....	0,2 »
Artefactos varios (promedio).....	1,0 »

Para calcular la potencia media conectada por consumidor residencial, será necesario fijar un cierto grado de saturación de artefactos, entendiéndose por tal el porcentaje de artefactos instalados con respecto al número total de servicios residenciales conectados.

Como se verá más adelante, el grado de saturación de artefactos domésticos, dentro de los límites que en la práctica pueden presentarse, no tiene gran influencia en el monto de la inversión de utilización por Kw de demanda del sistema.

Si suponemos, por ejemplo, que la saturación en artefactos mayores, es decir, en cocinas, calentadores de agua y refrigeradores, es de 10% para cada artefacto, y que la saturación de artefactos varios menores, como planchas, ventiladores, aspiradores etc., es del orden de 40 % para el promedio del conjunto, la potencia conectada por consumidor residencial medio sería, de acuerdo con las potencias asignadas más arriba:

$$0.65 + 0.10 \times (5.5 + 3.0 + 0.2) + 0.40 \times 1.0 = 1.92 \text{ Kw.}$$

Debe entenderse que para los artefactos menores la saturación de 40% estimada es una saturación-equivalente para el conjunto de estos artefactos, ya que sería muy complicado hacer una estimación separada para cada artefacto individual. (1).

(1) La saturación global de 40% para artefactos menores se ha estimado a base de lo siguiente:

INVERSIONES

a) *Instalaciones interiores.*

Suponemos para la instalación media de alumbrado con 16 centros, un costo de alrededor de \$ 230 por centro, sin incluir artefacto especial alguno. El costo de la instalación media para alumbrado residencial sería entonces de \$ 3.680.

Para el conjunto de los artefactos grandes —cocina y calentador de agua— que requerirán circuitos especiales, suponemos un costo adicional en instalaciones o canalizaciones interiores, de unos \$ 2.500.

Para una saturación de 10% en artefactos mayores, y suponiendo que los demás artefactos no requieran circuitos especiales, el costo medio por consumidor de las instalaciones interiores residenciales sería de:

$$3.680 + 0.10 \times 2.500 = \$ 3.930$$

Esto corresponde a una potencia media conectada de 1.92 Kw, lo que daría una inversión de \$ 2.047 por Kw conectado.

b) *Artefactos.*

El costo de los diferentes artefactos domésticos puede estimarse, en promedio, como sigue, con precios correspondientes a un abastecimiento normal:

Cocina.	\$ 5.000
Calentador de agua	4.000
Refrigerador.	6.500
<hr/>	
Total artefactos mayores	\$ 15.500

La inversión en artefactos varios menores la estimamos en unos \$ 3.000 por consumidor, tomando un artefacto con otro, pero excluyendo la radio, por ser éste

Artefacto	Saturación media probable	Potencia media del artefacto	Potencia media por consumidor
Radio.	40%	100 W	40 W
Plancha.	20%	600 W	120 W
Radiador (estufa)..	10%	1.000 W	100 W
Anafe.	25%	500 W	125 W
Aspirador.	2%	200 W	4 W
Ventilador y otros usos	5%	100 W	5 W
Totales y promedios	15.8%	2.500 W	394 W

Si la potencia del conjunto de artefactos menores suma 2.500 W; la saturación equivalente sería 15.8%. Como es muy improbable que los consumidores que tengan artefactos menores los empleen todos a la vez, hemos supuesto cierta diversidad en su uso, estimando la potencia media conectada, por consumidor que emplee artefactos, en 1.000 W. Luego, si la potencia media conectada por consumidor residencial (incluso los que no tienen artefactos) es de 394 W, la saturación equivalente sería de 39.4%.

un uso —tal vez el único— que no está condicionado a la distribución eléctrica de servicio público.

Suponemos, además, que en un promedio general cada consumidor tiene una inversión de alrededor de \$ 500 en artefactos de alumbrado, lámparas, pantallas, luces especiales, etc.

A base de una saturación de 10% en cada uno de los artefactos mayores y de una saturación equivalente en artefactos menores de 40%, la inversión media en artefactos, por consumidor residencial sería:

$$500 + 0.10 \times 15.500 + 0.40 \times 3.000 = \$ 3.250.$$

Si a lo anterior agregamos la inversión media por consumidor, en canalizaciones interiores domésticas, se tendría una inversión total de:

$$3.250 + 3.930 = \$ 7.180.$$

por consumidor medio residencial, en todo lo que se refiere a utilización eléctrica.

Si suponemos constantes las inversiones en artefactos menores y en los de alumbrado, podemos calcular las inversiones medias totales por consumidor para diferentes grados de saturación de los 3 artefactos principales domésticos. (Cuadro I).

CUADRO I

Saturación en artefactos mayores (cocina, calentador y refrigerador)	Inversión media en instalaciones interiores	Inversión media en artefactos	Inversión media total por con- sumidor
0%	\$ 3.680.—	\$ 1.700.—	\$ 5.380.—
5%	3.805.—	2.475.—	6.280.—
10%	3.930.—	3.250.—	7.180.—
20%	4.180.—	4.800.—	8.980.—
30%	4.430.—	6.350.—	10.780.—
40%	4.680.—	7.900.—	12.580.—
50%	4.930.—	9.450.—	14.380.—
60%	5.180.—	11.000.—	16.180.—

A una saturación de 10% en artefactos mayores correspondería una inversión media de \$ 7.180 por consumidor residencial. Por otra parte, la potencia media conectada correspondiente a esta saturación era de 1.92 Kw; de modo que, en resumen, la inversión en utilización eléctrica residencial, para el grado de saturación supuesto, resulta de \$ 3.740 por Kw conectado.

Para referir las inversiones al Kw de demanda en la subestación distribuidora primaria, es necesario conocer los factores de demanda y de diversidad de los consumos residenciales.

Podemos suponer que para un pequeño grado de saturación de artefactos, digamos hasta un 10% el factor de diversidad entre consumidores residenciales, referido a la subestación distribuidora primaria, es del orden de 2.5 (2).

(2) Véase Standard Handbook of Electrical Engineers. Secc. 14-113

Parece lógico admitir que mientras mayor sea el grado de saturación de artefactos domésticos, el factor de diversidad de estos consumos tienda a aumentar, ya que mientras más consumidores se agreguen al uso de un artefacto determinado, mayor será la diversificación en cuanto a la forma de utilizarlo.

El factor de demanda del consumidor residencial lo estimamos para el consumo preferentemente de alumbrado, con un bajo grado de saturación de artefactos de gran consumo, en 0.65. Pero a medida que aumenta la potencia conectada, el factor de demanda individual tiende a bajar; de modo que mientras mayor es la saturación en artefactos de gran consumo, más bajo ha de resultar, en promedio, dicho factor. Así en los cálculos que siguen, hemos supuesto que el factor de demanda del consumidor medio residencial desciende de 0.65, para saturaciones inferiores a 5%, a 0.38 para una saturación de 60% en los artefactos mencionados.

Un tercer factor que debe considerarse en este cálculo es el de las pérdidas de distribución correspondientes al consumo residencial. Estas pueden estimarse en promedio en un 20%.

Para un grado de saturación de cocina, calentador de agua y refrigerador, de 10%, estimamos el factor de demanda medio residencial individual en 0.60, y el factor de diversidad entre el consumidor y la subestación distribuidora, en 2.5. Si las pérdidas de distribución son de un 20%, entonces cada Kw de demanda residencial en la subestación, corresponde a:

$$\frac{0.80 \times 2.51}{0.60} = 3.33 \text{ Kws.}$$

conectados en servicio doméstico.

Como la inversión media por Kw conectado en servicio residencial para el grado de saturación supuesto en este cálculo era de \$ 3.740, resulta que por cada Kw de demanda residencial, medida en la subestación distribuidora, hay una inversión total de \$ $3.740 \times 3.33 = \$ 12.454$ en instalaciones y artefactos de uso residencial eléctrico.

Si la subestación distribuidora primaria estuviera trabajando a plena capacidad de sus transformadores, podría decirse en este caso que por cada Kw de capacidad de la subestación destinado a servicio residencial, hay una inversión de alrededor de \$ 12.500 en utilización eléctrica residencial.

En el cuadro II adjunto se ha hecho una determinación de las inversiones correspondientes, para diferentes grados de saturación de artefactos domésticos mayores, tomando en cuenta la variación probable en los factores de diversidad y de demanda con las diferentes saturaciones.

En la preparación de este cuadro se ha supuesto que para todos los casos el grado de saturación equivalente en artefactos menores es constante e igual a 40%.

Como puede verse en dicho cuadro, la inversión específica en utilización eléctrica aumenta con el grado de saturación, subiendo de \$ 12.454 para una saturación de 10%, a \$ 17.931 para una saturación de 60%.

Hay que hacer notar que este aumento en la inversión específica no es consecuencia directa del aumento en la saturación de los artefactos mayores, sino que se debe al efecto combinado del aumento del factor de diversidad y de la disminución del factor de demanda. Antes por el contrario, si los factores de diversidad y de demanda quedaran constantes para las diferentes saturaciones, la inversión por Kw de capacidad de la subestación distribuidora tendería a bajar, ya que la inversión media total por Kw conectado tiende a disminuir con el aumento de la potencia media conectada.

CUADRO II

INVERSION EN UTILIZACION ELECTRICA RESIDENCIAL

Pérdidas de distribución estimadas en 20%

Saturación artefactos mayores	Factor de demanda	Factor de diversidad	Dem. Máx. en S. E. por cada Kw conectado	Potencia conectada por Kw Dem. en S. E. Kw	Inversión media por consumidor (Cuadro I) \$	Potencia media conectada por consumidor Kw	Inversión media por Kw conectado \$	Inversión media por Kw de Dem. Max. en S. E. \$
0	0.65	2.5	$\frac{0.65}{0.8 \times 2.5} = 0.325$	3.08	5.380	1.05	5.124	15.782
5	0.63	2.5	$\frac{0.63}{0.8 \times 2.5} = 0.315$	3.17	6.280	1.485	4.229	13.406
10	0.60	2.5	$\frac{0.60}{0.8 \times 2.5} = 0.30$	3.33	7.180	1.92	3.740	12.454
20	0.55	2.75	$\frac{0.55}{0.8 \times 2.75} = 0.25$	4.00	8.980	2.79	3.219	12.876
30	0.50	3.0	$\frac{0.50}{0.8 \times 3.0} = 0.208$	4.81	10.780	3.66	2.945	14.165
40	0.45	3.1	$\frac{0.45}{0.8 \times 3.1} = 0.181$	5.53	12.580	4.53	2.777	15.357
50	0.40	3.2	$\frac{0.40}{0.8 \times 3.2} = 0.156$	6.41	14.380	5.40	2.663	17.070
60	0.38	3.3	$\frac{0.38}{0.8 \times 3.3} = 0.144$	6.95	16.180	6.27	2.580	17.931

El hecho de que en el cuadro II resulten mayores las inversiones específicas para las saturaciones de 0 y de 5% que para la saturación de 10% en artefactos grandes, se debe principalmente a que en los tres casos hemos supuesto el mismo factor de diversidad.

En el supuesto de que el grado de saturación de cocinas, calentadores y refrigeradores sea el mismo para cada artefacto, puede afirmarse que las inversiones en utilización eléctrica residencial son del orden de \$ 14.000 por cada Kw de demanda máxima del grupo residencial.

De acuerdo con el cuadro II, la cifra anterior correspondería a un grado de saturación de artefactos domésticos mayores de alrededor de 30%, condición que no parece fácil de alcanzar en nuestros sistemas distribuidores antes de varios años de una intensa campaña de fomento de consumo.

Es posible, sin embargo, que en la práctica, pueda desarrollarse más el uso del refrigerador que el de la cocina y el calentador de agua eléctricos. Esto dependerá de una variedad de factores, entre otros: la tarifa eléctrica, el costo relativo del combustible, el nivel económico y cultural del consumidor, el costo de los artefactos, la ausencia de substitutos para el refrigerador eléctrico, el clima, etc.

En el cuadro III se hace el cálculo de las inversiones específicas para diferentes grados de saturación de refrigeradores, suponiendo que no hay cocinas ni calentadores de agua en uso, o que su saturación es insignificante, y que las características de los consumos de alumbrado y artefactos menores son los mismos supuestos anteriormente.

Potencia conectada en artefactos:

Alumbrado.....	0.65 Kw.
Refrigerador.....	0.2 »
Artefactos varios.....	1.0 »
Saturación equivalente de artefactos menores..	40 %
Factor de demanda, para las diferentes saturaciones de refrigeradores.....	0.65
Factor de diversidad, para las diferentes saturaciones de refrigeradores.....	2.5

Habiendo supuesto constantes los factores de demanda y de diversidad, la potencia media conectada por Kw de demanda residencial en subestaciones, es para todos los casos igual a 3.08 Kw.

Para una saturación de 10% de refrigeradores, la potencia media conectada por consumidor residencial sería:

$$0.65 + 0.4 \times 1.0 + 0.1 \times 0.2 = 1.07 \text{ Kw.}$$

La inversión media por consumidor residencial sería:

Instalación interior alumbrado:

$$3.680 \times 1.0 \dots\dots\dots = \$ 3.680$$

Artefactos:

Alumbrado.....	500 × 1.0 =	500
Varios menores.....	3.000 × 0.4 =	1.200
Refrigerador.....	6.500 × 0.1 =	650

Total.... \$ 6.030

Inversión media por Kw conectado:

$$6.030 : 1.07 = \$ 5.635.$$

Kws conectados por Kw de demanda en subestación:

$$\frac{0.80 \times 2.5}{0.65} = 3.08 \text{ Kws.}$$

Inversión media por Kw de demanda en subestación:

$$5.635 \times 3.08 = \$ 17.356.$$

En el cuadro III se han determinado las inversiones correspondientes a diferentes saturaciones de refrigeradores.

CUADRO III

INVERSIONES EN UTILIZACION ELECTRICA RESIDENCIAL

Saturación en cocinas y calentadores de agua eléctricos	0%
Saturación equivalente en artefactos menores	40%
Pérdidas de distribución	20%

Saturación refrigeradores	Potencia conectada por Kw Dem. en S. E.	Inversión media por consumidor	Potencia media conectada por consumidor	Inversión media por Kw conectado	Inversión media por Kw Dem. Máx. en S. E.
	Kw	\$	Kw	\$	\$
0	3.08	5.380	1.05	5.124	15.782
5	3.08	5.705	1.06	5.382	16.576
10	3.08	6.030	1.07	5.635	17.356
20	3.08	6.680	1.09	6.128	18.874
30	3.08	7.330	1.11	6.603	20.337
40	3.08	7.980	1.13	7.062	21.751
50	3.08	8.630	1.15	7.504	23.112
60	3.08	9.280	1.17	7.931	24.427

Como lo indica el cuadro III, la inversión específica en utilización residencial aumenta con el grado de saturación de refrigeradores, de \$ 15.782, cuando la saturación es nula, a \$ 24.427 para una saturación de 60%. En las condiciones corrientes en nuestro país y con los precios estimados para este artefacto, no parece que pueda sobrepasarse una saturación media de un 30% antes de un transcurso de varios años. En este caso, la inversión media en utilización eléctrica residencial, sería de alrededor de \$ 20.000 por Kw de demanda en subestación, o por Kw de capacidad de subestación distribuidora, si ésta se utilizara en su capacidad total.

Comparando estas cifras con las del cuadro II, puede verse que en caso de no haber cocinas ni calentadores conectados, las inversiones específicas en utilización residencial son mucho más altas para un mismo grado de saturación de refrigeradores.

En el cuadro III se ha supuesto que, al no existir cocina ni calentadores eléctricos conectados, el factor individual de demanda y el factor de diversidad del consumo residencial son constantes para las diferentes saturaciones de refrigeradores. La suposición es justificada en vista de la pequeña potencia del refrigerador y, por consiguiente, de su escasa influencia en la demanda máxima del consumidor residencial (3).

Considerando que la saturación de refrigeradores no llegará en la práctica a más de 30%, la cifra más alta a que podrían alcanzar las inversiones en utilización eléctrica residencial por Kw de capacidad de subestación distribuidora sería de alrededor de \$ 20.000, cuando la saturación en cocinas y calentadores sea nula. El límite inferior de alrededor de \$ 12.500, correspondería a sistemas eléctricos con una pequeña saturación en artefactos de gran potencia conectada, como la cocina y el calentador de agua, y donde prácticamente no hubieran refrigeradores en uso. (Ver cuadro II).

CONSUMO COMERCIAL

Este consumo que, fuera de negocios y oficinas, incluye cinematógrafos, hoteles y grandes tiendas, tiene una potencia conectada media muy variable, pero por lo general, mucho mayor que la potencia media residencial.

El factor de demanda es, en promedio, más alto en este consumo que en el residencial, y el de diversidad es en cambio más bajo.

Si para el consumo residencial se ha estimado el factor de demanda en 0.65 como máximo, para el consumo comercial debería estimarse en alrededor de 0.70. En cuanto al factor de diversidad, referido a la subestación distribuidora, no puede ser mayor de 2, si para el consumo residencial se ha supuesto 2.5 (con pequeña saturación de artefactos).

(3) El efecto de la saturación de refrigeradores sobre el factor de demanda puede verificarse aproximadamente como sigue:

Si para la saturación 0% de refrigeradores la potencia media conectada por consumidor es 1.05 Kw (0.65 Kw de alumbrado y 0.4 Kw de artefactos varios menores) y el factor de demanda es 0.65, entonces la demanda máxima individual es $0.65 \times 1.05 = 0.683$ Kw.

Ahora, si suponemos una saturación de 100% de refrigeradores, la potencia media conectada sería:

$$1.05 + 0.2 = 1.25 \text{ Kw}$$

En el caso más desfavorable, en que la demanda correspondiente al refrigerador solo se superponga a la de los demás consumos residenciales, la demanda máxima individual sería:

$$0.683 + 0.2 = 0.883 \text{ Kw}$$

supuestos constantes todos los demás factores.

El factor de demanda sería, en este caso extremo:

$$\frac{0.883}{1.250} = 0.706$$

El otro caso extremo sería aquel en que, con saturación de 100% en refrigeradores, la demanda de este artefacto no contribuya en nada a aumentar la demanda máxima del consumidor individual. En este caso, la demanda máxima sería la misma que si no hubiera refrigerador, pero la potencia conectada sería 1.25 Kw. Luego el factor de demanda sería:

$$\frac{0.683}{1.250} = 0.546$$

Este sería el factor de demanda más bajo que podría ocurrir teóricamente, supuestas constantes todas las demás condiciones.

En resumen, con el aumento del grado de saturación, de refrigeradores de 0 a 100%, el factor de demanda puede aumentar o disminuir en una pequeña cantidad, según sea la diversidad del consumo de este artefacto; de modo que, en promedio, podemos suponerlo constante para las diferentes saturaciones.

Las pérdidas de distribución han de ser, para este consumo, del mismo orden que para el consumo residencial, más ó menos un 20%.

Con los datos anteriores, resulta que a cada Kw de demanda máxima del consumo comercial, medido en la subestación distribuidora primaria corresponde:

$$\frac{0.80 \times 2}{0.7} = 2.29 \text{ Kws conectados.}$$

La inversión media por Kw conectado dependerá del tipo de artefactos en uso y de sus respectivas saturaciones.

En el consumo residencial la inversión media por Kw conectado, incluyendo instalaciones interiores, varía, según los artefactos y su saturación, entre unos \$ 3.000 y \$ 7.000, como lo indican los cuadros II y III. Para el consumo comercial puede adoptarse una cifra intermedia, digamos de unos \$ 5.000 por Kw conectado.

En este caso la inversión en utilización comercial, referida al Kw de demanda en subestación, sería igual a:

$$2.29 \times 5.000 = \$ 11.450.$$

Si los factores de demanda y de diversidad para este consumo se supusieran iguales a los estimados para el consumo residencial, con saturación muy baja de artefactos importantes, la inversión específica sería:

$$\frac{0.80 \times 2.5}{0.65} \times 5.000 = 3.08 \times 5.000 = \$ 15.400.$$

En resumen, puede estimarse que la inversión en utilización eléctrica comercial podrá variar entre unos \$ 11.000 y \$ 15.000 por Kw. de capacidad de subestación destinado a servir aquel consumo.

2. CONSUMO INDUSTRIAL

Para estimar la inversión en utilización eléctrica industrial, suponemos que el factor de demanda individual es, en promedio, igual a 0.5 y que el factor de diversidad, referido a la subestación distribuidora primaria, es de alrededor de 1.5.

Las pérdidas de distribución para el servicio industrial pueden estimarse aproximadamente en un 12%.

A base de los datos anteriores, resulta que por cada Kw de demanda industrial en la subestación, hay en promedio:

$$\frac{0.88 \times 1.5}{0.5} = 2.64 \text{ Kw conectados.}$$

Es bastante difícil hacer una determinación de la inversión media por consumidor o por Kw conectado en servicio industrial, en vista de la gran variación que existe en la potencia conectada por consumidor y de la diversidad de las aplicaciones eléctricas industriales.

Debe subentenderse que al hablar de inversiones en utilización eléctrica industrial, se consideran únicamente las inversiones en equipo e instalaciones eléctricas necesarias para mover la industria y no al equipo industrial mismo. Un secador

de granos, por ejemplo, puede funcionar con vapor (fuerza motriz y calefacción) o con energía eléctrica. La inversión necesaria para hacerlo operar eléctricamente, incluirá el costo del equipo de calefacción eléctrica (resistencias o lámparas infrarrojas) y de los motores para el ventilador, elevador, etc., con sus aparatos de control y con todos los accesorios que no habrían sido necesarios si el secador funcionara con vapor.

La mayor parte de la potencia conectada en servicio industrial, corresponde a fuerza motriz. La inversión en motores y sus accesorios puede estimarse en promedio entre \$ 1.500 y \$ 2.500 por Kw según la potencia y el tipo de motor. Si para las canalizaciones interiores e instalaciones de alumbrado se calcula un gasto de unos \$ 2.000 por Kw conectado, puede estimarse que en total la utilización eléctrica industrial representa una inversión de unos \$ 4.000 por Kw conectado.

Como a base de las suposiciones anteriores, a cada Kw de demanda total industrial corresponde en promedio una potencia conectada de 2.64 Kw, resulta entonces que la inversión por Kw de demanda en subestación, sería de:

$$2.64 \times 4.000 = \$ 10.560.$$

En resumen, puede decirse que las inversiones en utilización eléctrica industrial representan alrededor de \$ 10.500 por Kw de capacidad de subestación destinado a servir dicho consumo.

3. ALUMBRADO PUBLICO

Este consumo no tiene diversidad y su factor de demanda es de 100%. Las pérdidas de distribución para este consumo pueden estimarse en 10%. A cada Kw de demanda en subestación distribuidora corresponde entonces una potencia conectada de 0.9 Kw.

Como este cálculo se refiere a las inversiones en utilización eléctrica únicamente, no pueden incluirse los conductores y postaciones destinados a la alimentación de alumbrado público, los cuales estarán comprendidos en las inversiones del sistema distribuidor. Se consideran como equipo de utilización los ganchos, portálámparas, pantallas, etc., que constituyen los centros o focos de alumbrado, suponiendo que éstos no estén incluidos en las instalaciones de distribución.

Para una distribución aérea de alumbrado público, puede calcularse que cada foco de alumbrado representa una inversión de \$ 600 a \$ 700. Normalmente la potencia conectada por foco es de unos 100 watts; de modo que resulta una inversión de alrededor de \$ 6.500 por Kw conectado y de $\frac{6.500}{0.9} = \$ 7.220$ por Kw de demanda en subestación.

RESUMEN—UTILIZACION ELECTRICA

Para poder calcular la inversión total en utilización eléctrica por Kw de capacidad de subestación distribuidora primaria, es necesario conocer la diversidad y la importancia relativa de cada uno de los tres grupos de consumo considerados. Estos datos pueden variar mucho de un sistema distribuidor a otro, pero consideramos representativos para algunas ciudades medianas, como por ejemplo las servidas por el Sistema Pilmaiquén de la Empresa Nacional de Electricidad, los siguientes:

Diversidad entre los 3 grupos de consumo: 1.2 a 1.3, digamos 1.25.

Proporción entre las demandas máximas de cada grupo:

Residencial y comercial	55%
Industrial	35%
Alumbrado público	10%

A cada Kw de demanda máxima del sistema distribuidor corresponden, entonces, las siguientes demandas máximas de los grupos de consumo:

Residencial y comercial.....	$1.25 \times 0.55 = 0.688$ Kw
Industrial.....	$1.25 \times 0.35 = 0.438$ Kw
Alumbrado público.....	$1.25 \times 0.10 = 0.125$ Kw

La inversión total en utilización eléctrica por cada Kw de demanda máxima del sistema o capacidad de la subestación distribuidora, sería:

$$0.688 \times 18.000 + 0.438 \times 10.500 + 0.125 \times 7.500 = \$ 17.920.$$

Lo anterior sería a base de una inversión en utilización residencial y comercial de \$ 18.000 por Kw, que estimamos como límite máximo. Si suponemos para este consumo una inversión media de \$ 12.000 por Kw, la inversión total sería:

$$0.688 \times 12.000 + 0.438 \times 10.500 + 0.125 \times 7.500 = \$ 13.792.$$

En resumen, puede decirse que las inversiones en utilización eléctrica son, en las condiciones medias supuestas, del orden de \$ 16.000 por Kw de capacidad de subestación distribuidora.

INVERSIONES EN PRODUCCION Y DISTRIBUCION

Para comparar las inversiones en utilización eléctrica con las correspondientes a la producción y distribución de energía es necesario referir también estas últimas al Kw de capacidad de subestación distribuidora primaria.

La inversión total en el sistema primario (generación más transmisión, incluso subestaciones primarias de distribución) la estimamos en alrededor de \$ 7.000 por Kw disponible en subestaciones; esto es, descontando las reservas necesarias dentro de la capacidad total del sistema. La estimación se hace sobre la base de que la generación es hidroeléctrica.

En el sistema de distribución, que incluye líneas, transformadores de distribución, empalmes con medidores y alimentación de alumbrado público, la inversión puede estimarse en promedio en unos \$ 3.000 a \$ 4.500 por Kw instalado en transformadores de distribución, suponiendo que toda la red es aérea (4) Si estimamos la diversidad entre transformadores en 1.2 y despreciamos las pérdidas en las líneas

(4) Para un mismo tipo de construcción, la inversión específica (por Kw) en el sistema distribuidor, dependerá de la densidad de consumidores y de la potencia instalada por consumidor en transformadores de distribución. Los límites indicados corresponden a una densidad de entre 25 y 50 consumidores por Km., con una potencia instalada en transformadores de 500 a 600 watts por consumidor, y a base de un costo medio de \$ 35.000 por Km. de línea de distribución (excluidos transformadores y empalmes), de \$ 500 por Kw de transformador y de \$ 600 por empalme.

de distribución, la inversión total referida al Kw de demanda en subestación primaria sería de unos \$ 3.600 a \$ 5.400. Esto, en la suposición de que los transformadores de distribución trabajan [a plena carga en las horas de demanda máxima o sea, que su factor de demanda sea 1.0

En promedio podría estimarse entonces que la inversión en distribución eléctrica es de alrededor de \$ 5.000 por Kw de demanda máxima, o de capacidad de subestación primaria, cuando ésta utilice toda su capacidad. En Osorno, por ejemplo, la inversión total en la red de distribución no llega actualmente a \$ 3.500 por Kw de demanda máxima en la subestación. Siendo el factor de utilización relativamente bajo en esta subestación, la inversión actual en el sistema distribuidor, referida al Kw de capacidad útil de la subestación primaria, es mucho más baja.

La proporción estimada entre generación y transmisión por una parte, y distribución por otra, es más o menos equivalente a la que dan las estadísticas de los Estados Unidos. Un promedio nacional para los EE. UU., según estadísticas de la Federal Power Commission para 1943, muestra las siguientes proporciones en inversiones en planta eléctrica: Producción y Transmisión: 52.7%; Distribución: 40.6% Instalaciones Generales e Intangibles: 6.7% (5)

CONCLUSION

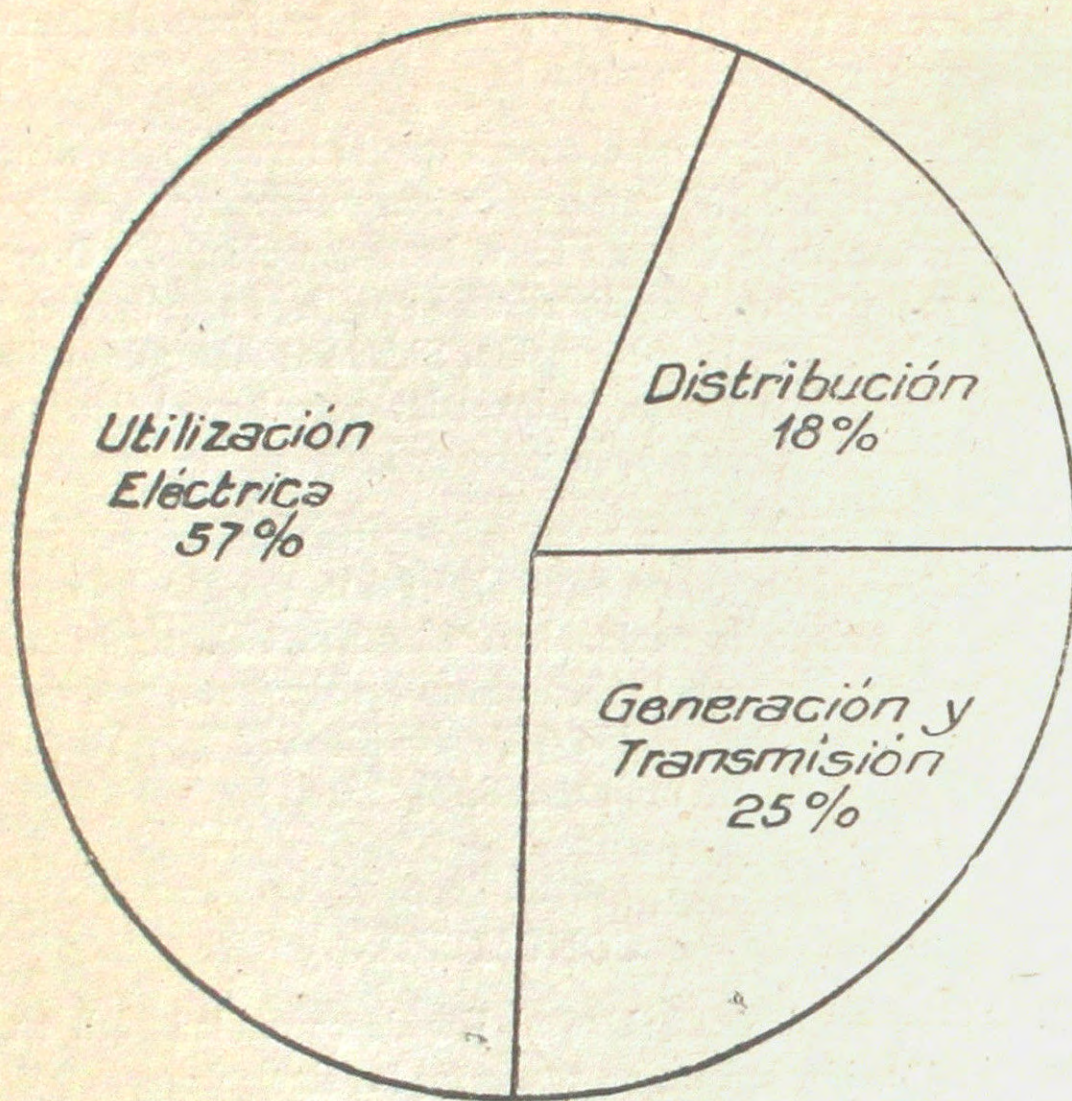
Las inversiones medias referidas al Kw de capacidad útil en subestaciones primarias de distribución serían, en resumen, las siguientes:

PRODUCCION	\$ 7.000	25.0%
(Central generadora, líneas de transmisión y S. E. primarias)		
DISTRIBUCION	5.000	17.9%
(Redes, transformadores, empalmes y medidores)		
UTILIZACION	16.000	57.1%
(Instalaciones interiores, artefactos, motores y equipo eléct.)		
	<hr/>	
	\$ 28.000	100.0%

Lo anterior significa que, dentro del costo total de electrificación, la inversión en sistemas primarios —esto es, centrales generadoras, líneas de transmisión y subestaciones primarias de distribución inclusive—, representaría en promedio un 25%; la inversión en sistemas distribuidores —redes, transformadores, empalmes y medidores—, un 18%; y la inversión en equipo de utilización eléctrica —instalaciones interiores, artefactos, motores, etc.— un 57%.

(5) Ver Electrical World, 27 de Octubre de 1945.

PROPORCION DE LAS INVERSIONES EN ELECTRIFICACION



Esto puede expresarse también diciendo que en sistemas eléctricos totalmente desarrollados, por cada \$ 1.000 invertidos en centrales generadoras hidroeléctricas y redes primarias de transmisión, se invierten unos \$ 715 en las instalaciones de distribución, y alrededor de \$ 2.300 en instalaciones y equipo de utilización eléctrica.