

**Estudio Integral de Tarifas Eléctricas
para México**

Tarea 1.2.5 – Informe N°16

**Información para la
determinación del VRN
adaptado del sistema de
distribución de CFE**

Preparado para:



INFORME N° 16: INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL VRN ADAPTADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

CONTENIDO

RESÚMEN EJECUTIVO	5
INFORME	7
1. INTRODUCCIÓN	7
2. INFORMACIÓN RECIBIDA	8
2.1. <i>Análisis de la información recibida</i>	8
2.2. <i>Subestaciones Transformadoras AT/MT</i>	10
2.3. <i>Red de MT</i>	12
2.4. <i>Transformadores MT/BT y Red BT asociada</i>	16
2.5. <i>Evolución histórica de las instalaciones y la demanda</i>	18
3. DEFINICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS A UTILIZAR	21
3.1. <i>Redes aéreas de MT</i>	24
3.2. <i>Redes subterráneas de MT</i>	27
3.3. <i>Equipos de MT</i>	28
3.4. <i>Redes aéreas de BT</i>	29
3.5. <i>Redes subterráneas de BT</i>	30
3.6. <i>Transformadores MT/BT</i>	31
3.7. <i>Acometidas de MT y BT</i>	34
3.8. <i>Valor de la corriente a considerar en el cálculo</i>	35
4. COSTOS UNITARIOS DE LAS UNIDADES CONSTRUCTIVAS	37
4.1. <i>Costos de inversión de los componentes de la red de distribución</i>	38
4.2. <i>Análisis de los sobrecostos de inversión debido a variables exógenas</i>	48
5. CONCLUSIONES	51

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1 Longitud de conductor de los circuitos de MT informados.....	16
Figura 2 Evolución de la cantidad de SE AT/MT y capacidad instalada por división CFE	19
Figura 2 Evolución de la longitud de la red de AT por nivel de tensión - CFE	19
Figura 3 Evolución de la longitud de la red de MT por nivel de tensión - CFE.....	19
Figura 4 Evolución de la longitud de la red de BT - CFE	20
Figura 5 Evolución de la cantidad y capacidad instalada de transformadores MT/BT - CFE	20
Figura 6 Curva de costos para líneas aéreas de MT sin contaminación	25
Figura 7 Curva de costos para líneas aéreas de MT con contaminación	27
Figura 8 Curva de costos para líneas subterráneas de MT	28
Figura 9 Curva de costos para líneas aéreas de BT	30
Figura 10 Curva de costos para líneas subterráneas de BT.....	31
Figura 11 Curva de costos para transformadores MT/BT monofásicos.....	33
Figura 12 Curva de costos para transformadores MT/BT trifásicos.....	34
Tabla 1 Zonas seleccionadas como SER.....	10
Tabla 2 Datos de las estaciones transformadoras AT/MT	10
Tabla 3 Cantidad de subestaciones AT/MT por SER	12
Tabla 4 Datos de identificación del alimentador	13
Tabla 5 Datos topológicos de los alimentadores MT	13
Tabla 6 Datos de los equipos instalados por alimentador MT	14
Tabla 7 Cantidad de circuitos MT y principales características por SER.....	15
Tabla 8 Datos de identificación del transformador MT/BT	17
Tabla 9 Datos asociados a la red de BT	17
Tabla 9 Calibres seleccionados para la red MT aérea s/contaminación	25
Tabla 11 Calibres seleccionados para la red MT aérea c/contaminación	27
Tabla 11 Calibres seleccionados para la red MT subterránea.....	28
Tabla 13 Calibres seleccionados para la red BT aérea	30
Tabla 14 Calibres seleccionados para la red BT subterránea	31
Tabla 15 Módulos para la transformación MT/BT normalizados.....	32

Tabla 16 Módulos de transformación MT/BT monofásicos seleccionados	33
Tabla 17 Módulos de transformación MT/BT trifásicos seleccionados	34
Tablas 18 Costos unitarios de subestaciones AT/MT por tipo constructivo	38
Tabla 19 Costos unitarios de líneas de MT por tipo constructivo	42
Tabla 20 Costos unitarios de equipos de MT por tipo	44
Tabla 21 Costos unitarios de transformadores MT/BT por tipo constructivo.....	45
Tabla 22 Costos unitarios de la red de BT por tipo constructivo.....	47
Tabla 23 Costos unitarios de acometidas BT	48
Tabla 24 Costos unitarios de acometidas MT	48
Tabla 25 Sobrecostos debido a variables exógenas	51

PRELIMINAR

GLOSARIO

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CRE: Comisión Reguladora de Energía

SENER: Secretaria de Energía

TdR: Términos de referencia

CMLP: Costo Marginal de Largo Plazo

VRN: Valor de Reposición a Nuevo

AT: Alta Tensión

MT: Media Tensión

BT: Baja Tensión

AP: Alumbrado Público

Transformador AT/MT: Transformador reductor de Alta Tensión a Media Tensión

Transformador MT/BT: Transformador reductor de Media Tensión a Baja Tensión

EETT AT/MT: Estaciones Transformadoras de Alta a Media Tensión

INFORME N° 16: INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL VRN ADAPTADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

RESÚMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde a la Tarea 1.2.5 “Integración de la información para el cálculo del Valor de Reposición a Nuevo (VRN) de los activos de distribución” dentro de la cual se requiere identificar la información requerida para la determinación del VRN de los Sistemas Eléctricos Representativos (SER) para el sistema de distribución en MT y BT. Esta tarea se ajusta a la metodología que se desarrollará para la determinación de los costos marginales de largo plazo (CMLP) de distribución para las etapas de MT y BT, la cual se detalla en el Informe N°22 del estudio tarifario y corresponde a la Tarea 1.3.3. del plan del proyecto.

La información detallada recibida comprende información de las siguientes instalaciones:

- Estaciones transformadoras AT/MT
 - Identificación de las estaciones transformadoras AT/MT
 - Capacidad instalada y demanda máxima
 - Cantidad de alimentadores MT conectados
- Red de MT
 - Identificación de los alimentadores MT
 - Usuarios conectados
 - Instalaciones asociadas a la red aérea y subterránea / urbana y rural
- Transformadores MT/BT y Red BT asociada
 - Identificación de los transformadores MT/BT
 - Instalaciones de la red de BT asociada a los transformadores
- Evolución histórica de las instalaciones por tipo
- Costos unitarios de las unidades constructivas (Reconocidos por la CRE)
- Factores de incremento de costos por efecto de variables exógenas¹

El análisis y determinación de las instalaciones adaptadas a la demanda se realiza considerando SER y las características de los niveles de MT y BT. Los SER se determinan de acuerdo a la metodología descrita en el Informe N°14 “Selección de los Sistemas Eléctricos Representativos de distribución”.

El objetivo del presente informe es: definir la información que será utilizada para la optimización de las instalaciones de distribución, mediante la adaptación a la demanda

¹ Las variables exógenas son aquellas que afectan los costos de inversión de las instalaciones tales como: contaminación, tormentas fuertes, vandalismo, topología complicada, entre otros.

abastecida y su posterior valorización, con el objetivo de determinar el VRN de los activos de distribución adaptados a la demanda para los niveles de MT y BT. La anualidad del VRN determinado mediante el producto del VRN y el factor de recuperación del capital (FRC) en el marco del cálculo tarifario, representa el costo de capital que será reconocido, y adicionando los costos de explotación y la demanda que para el año base serán utilizados, para el cálculo del CMLPD cuya metodología se define en el informe N°22 del estudio tarifario.

Como conclusión se destaca que la información recopilada enviada por CFE se ajusta al requerimiento realizado oportunamente en el pedido de información y en el Informe N°15 mencionado anteriormente. Sin embargo, el punto más crítico es que resulta necesario corroborar con CFE la información correspondiente a las longitudes de conductor asociados a los circuitos de MT correspondientes a los SER, ya que aproximadamente el 30% de los mismos se informa con longitud igual a cero, y en algunos de los casos en que las longitudes fueron informadas, no se corresponden con valores adecuados para circuitos de MT.

Asimismo, la información estadística histórica se presentó consolidada para CFE, requiriendo que la misma se encuentre desagregada por división de CFE a efecto de permitir calcular el costo marginal de largo plazo de distribución por división. Esto aplica para la longitud de alimentadores MT, transformadores MT/BT y red de BT y evolución histórica de la energía o demanda máxima de cada división.

Finalmente, los costos unitarios de las unidades constructivas asociados al catálogo de precios de CFE a diciembre de 2007 resultan adecuados, como así también los porcentajes de costos indirectos incluidos en el costo total de las instalaciones.

De cualquier manera, es posible que durante el desarrollo de las tareas asociadas al análisis y procesamiento de la información para la optimización, surjan consultas o requerimiento de aclaraciones, los cuales serán planteados oportunamente por las vías acordadas.

INFORME N° 16: INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL VRN ADAPTADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

INFORME

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la Tarea 1.2.5 “Integración de la información para el cálculo del Valor de Reposición a Nuevo (VRN) de los activos de distribución” dentro de la cual se requiere identificar la información requerida para la determinación del VRN para el sistema de distribución en MT y BT correspondiente al Informe N°15. Dicha información ha sido analizada y en este informe se presentan los valores informados por CFE en lo que respecta a instalaciones para su optimización y los costos unitarios de las unidades constructivas para su posterior valorización.

La metodología propuesta para la determinación de los costos marginales de largo plazo de distribución, contempla el cálculo del valor de reposición a nuevo de las instalaciones del sistema de distribución adaptadas a la demanda del año base 2007.

El análisis y determinación de las instalaciones adaptadas a la demanda se realiza considerando sistemas eléctricos representativos (SER) para los niveles de MT y BT. Los SER se determinan de acuerdo a la metodología descrita en el Informe N°14 “Selección de los Sistemas Eléctricos Representativos de distribución”.

Esta metodología consiste en el análisis de conglomerados de las 120 zonas de distribución de CFE, las cuales se agrupan formando grupos homogéneos sobre la base de variables observadas analizando en una primera aproximación por separado los niveles de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT), y luego, determinando la existencia de correlación entre indicadores de MT y BT, definir aquellos que se aplicarán para el análisis de conglomerados. Estas variables o indicadores se calculan en base a la información remitida por CFE y se incluyen en el análisis previa verificación de su estructura de correlación.

El análisis de conglomerados permitió seleccionar los SER considerando las principales características de los niveles de MT y BT. La información solicitada en el Informe N°15 “Información requerida para la determinación del VRN de sistema de distribución” ha sido analizada y en el contenido de este informe se incluye un consolidado que describe las características de cada zona, para su posterior optimización que se efectuará separadamente para la red MT y el conjunto transformadores MT/BT y red de BT asociada.

Asimismo se definirán las unidades constructivas a partir de la evaluación técnico-económica de las alternativas tecnológicas de cada etapa de la red de distribución, basados en las normas constructivas de CFE y considerando los costos unitarios de inversión del catálogo de precios de CFE a diciembre de 2007 y reconocidos regulatoriamente por la CRE.

Finalmente, se presentan los costos unitarios de las unidades constructivas de la red de distribución, los cuales serán utilizados para la valorización de las instalaciones una vez optimizadas y adaptadas a la demanda considerando las economías de escala a partir del análisis de la evolución de las instalaciones y la demanda para cada etapa de distribución considerada.

Dentro del informe se desarrollan los siguientes puntos:

- Información de las instalaciones físicas por nivel de tensión
 - Transformadores AT/MT (cantidad por clase, nivel de tensión y MVA instalados)
 - Red MT (longitud por clase y nivel de tensión)
 - Transformadores MT/BT (cantidad por clase, nivel de tensión y MVA instalados)
 - Red BT (longitud media por clase, transformador MT/BT asociado y nivel de tensión)
- Definición de las unidades constructivas a considerar en la optimización²
- Evolución histórica de las instalaciones y demanda
- Costos unitarios de las unidades constructivas (Reconocidos por la CRE)

A continuación se detallan los puntos mencionados anteriormente.

2. INFORMACIÓN RECIBIDA

En función de lo antes dicho, en este capítulo se presenta la información que se utilizará para la optimización de las instalaciones mediante la adaptación a la demanda, a partir del análisis de las tecnologías de manera de que se cumplan los principios de abastecer la demanda con niveles de tensión y calidad de servicio adecuados, y que se ajusten a las normas vigentes³.

2.1. Análisis de la información recibida

En virtud de la solicitud de información realizada en el informe N°15, se ha recibido la siguiente información de sustento asociada a las instalaciones actuales de CFE para los SER seleccionados, con el objetivo de la determinación del VRN adaptado a la demanda para el año 2007.

Los archivos enviados son los siguientes:

- Información de las subestaciones AT/MT por división y por zona seleccionada de CFE:
 - Subestaciones.xls
- Información de usuarios de MT por alimentador de MT y por división de CFE para las zonas seleccionadas:
 - 01 Baja California usuarios_DA.xls
 - 03 Norte usuarios_DC.xls
 - 05 Golfo Centro usuarios_DU.xls

² Sobre la base de las normas constructivas de CFE

³ Normas de distribución – Construcción – Instalaciones aéreas en media y baja tensión, Normas de Distribución – Construcción - líneas subterráneas, Manual de compromiso de servicio.

-
- 07 Jalisco usuarios_gdl.xlsx
 - 07 Jalisco usuarios_DX.xls
 - 08 Centro OCC usuarios_DF.xls
 - 09 Centro Sur usuarios_DG.xls
 - 10 Centro OTE usuarios_DV.xls
 - 11 Oriente usuarios_DJ.xls
 - 12 sureste usuarios_DK.xls
 - 13 Peninsular usuarios_DW.xls
 - Catalogo de Status de Usuarios.xls
 - Información de circuitos de MT y transformadores MT/BT por división y zona:
 - Circuitos y transformadores.xls
 - Reporte de líneas de distribución de BT consideradas en el modulo de perdidas del SIAD:
 - LINEAS BAJA TENSION.xls
 - Información estadística histórica de instalaciones correspondientes a SE AT/MT, Líneas de AT, MT y BT, y Transformadores MT/BT:
 - REPORTE HISTORICO ESTADISTICO.xls
 - Normas técnicas de distribución de CFE:
 - NORMAS DE DISTRIBUCIÓN - CONSTRUCCIÓN - INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN
 - NORMAS DE DISTRIBUCIÓN-CONSTRUCCIÓN-LÍNEAS SUBTERRÁNEAS
 - Catalogo de precios para las instalaciones de distribución a diciembre de 2007:
 - Catalogo de precios de CFE a Diciembre de 2007

La información mencionada corresponde a las zonas de distribución seleccionadas como sistemas eléctricos representativos, los cuales comprenden las siguientes divisiones y zonas de CFE:

Tabla 1 Zonas seleccionadas como SER

División	SER (Zona)	Identificación	ID ZONA	ID DIVISION
Baja California	Ensenada	Cluster #8	08	DA
Baja California	Mexicali	Atípica #5	15	DA
Noroeste	Navojoa	Cluster #5	04	DB
Noroeste	Culiacán	Cluster #7	10	DB
Noroeste	Nogales	Atípica #11	33	DB
Norte	Durango	Cluster #1	26	DC
Norte	Casas Grandes	Atípica #1	14	DC
Golfo Norte	Sabinas	Cluster #3	17	DD
Golfo Norte	Nuevo Laredo	Atípica #2	03	DD
Golfo Norte	Metropolitana Oriente	Atípica #6	11	DD
Golfo Norte	Metropolitana Poniente	Atípica #7	12	DD
Golfo Norte	Monclova	Atípica #8	18	DD
Golfo Centro	Victoria	Cluster #10	03	DU
Jalisco	Tepic	Cluster #6	12	DX
Jalisco	Guadalajara	Cluster #11	1Z,1Y,1R,1L	DX
Centro Occidente	Manzanillo	Atípica #9	55	DF
Centro Oriente	Puebla Oriente	Cluster #9	08	DV
Centro Oriente	San Martín	Atípica #3	05	DV
Centro Sur	Acapulco	Atípica #10	81	DG
Centro Sur	Zihuatanejo	Atípica #11	91	DG
Oriente	Poza Rica	Cluster #2	01	DJ
Sureste	Tuxtla	Cluster #4	04	DK
Peninsular	Cd. del Carmen	Atípica #4	05	DW

A continuación se describe el contenido de la información recibida para cada uno de los conceptos mencionados anteriormente.

2.2. Subestaciones Transformadoras AT/MT

La información de las estaciones transformadoras de AT/MT contenida en el archivo "Subestaciones.xls" permite identificar los siguientes conceptos para cada una de las subestaciones:

Tabla 2 Datos de las estaciones transformadoras AT/MT

Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la estación transformadora AT/MT

Zona	Zona en la que está ubicada la estación transformadora AT/MT
ID EETT AT/MT	Nombre de la estación transformadora, indicándose la capacidad instalada expresada en [MVA].
Arreglo de barras	Identificación del arreglo de barras según normas constructivas de CFE
Tensión primaria / secundaria	Tensiones de transformación primaria y secundaria [kV/kV]
Capacidad instalada	Capacidad total instalada de la estación transformadora en [MVA].
Cantidad de transformadores	Cantidad de transformadores de la subestación
Demanda máxima	Demanda máxima por banco de transformación [MW]
Tipo	Urbano o Rural

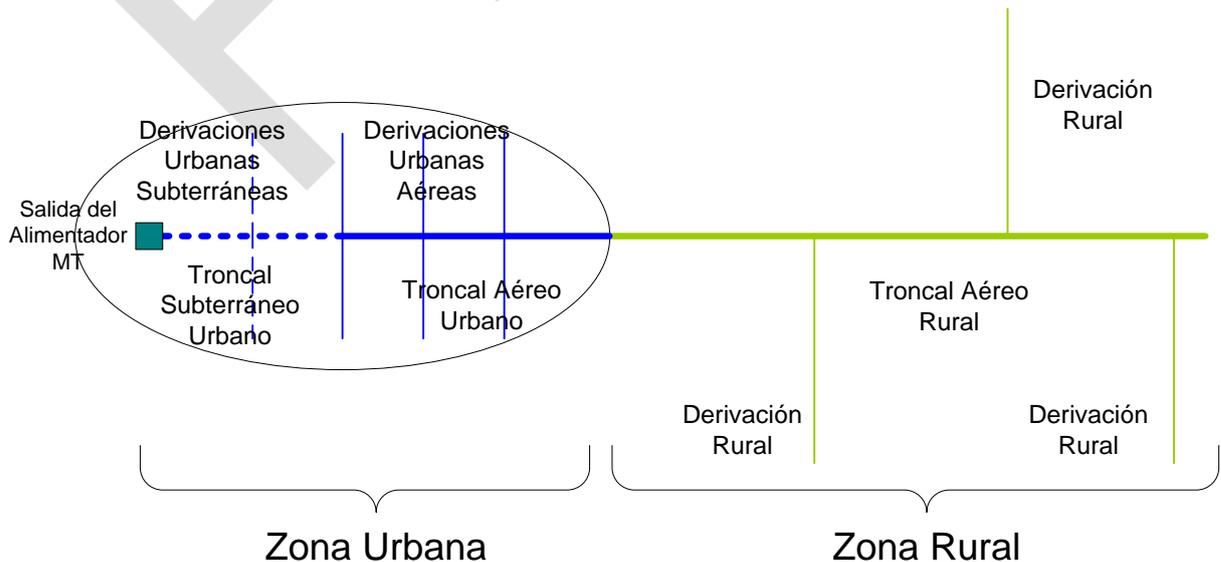
La información de estaciones transformadoras de AT/MT que serán considerados para la valorización de cada zona son las siguientes:

Tabla 3 Cantidad de subestaciones AT/MT por SER

División		SER (Zona)		Identificación del grupo	Cantidad de Subestaciones AT/MT
DA	Baja California	08	Ensenada	Cluster #8	9
DA	Baja California	15	Mexicali	Atípica #5	11
DB	Noroeste	04	Navjoa	Cluster #5	19
DB	Noroeste	10	Culiacán	Cluster #7	7
DB	Noroeste	33	Nogales	Atípica #11	8
DC	Norte	26	Durango	Cluster #1	6
DC	Norte	14	Casas Grandes	Atípica #1	15
DD	Golfo Norte	17	Sabinas	Cluster #3	23
DD	Golfo Norte	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	28
DD	Golfo Norte	11	Metropolitana Oriente	Atípica #6	6
DD	Golfo Norte	12	Metropolitana Poniente	Atípica #7	13
DD	Golfo Norte	18	Monclova	Atípica #8	5
DF	Centro Occidente	55	Manzanillo	Atípica #9	11
DG	Centro Sur	81	Acapulco	Atípica #10	19
DG	Centro Sur	91	Zihuatanejo	Atípica #11	9
DJ	Oriente	01	Poza Rica	Cluster #2	17
DK	Sureste	04	Tuxtla	Cluster #4	15
DU	Golfo Centro	03	Victoria	Cluster #10	9
DV	Centro Oriente	08	Puebla Oriente	Cluster #9	11
DV	Centro Oriente	05	San Martín	Atípica #3	4
DW	Peninsular	05	Cd. del Carmen	Atípica #4	5
DX	Jalisco	12-J	Tepec	Cluster #6	9
DX	Jalisco	1Z,1Y,1R,1L	Guadalajara	Cluster #11	45

2.3. Red de MT

La información asociada a los circuitos o alimentadores de MT solicitada para la determinación del VRN adaptado a la demanda para las zonas seleccionadas como sistemas eléctricos representativos (SER). Como se mencionó en el requerimiento de la información, para la optimización de las instalaciones de MT se utilizará un modelo mediante el cual se determina la sección óptima de troncal y derivaciones para un circuito de MT y sus equipos de protección y maniobra asociados, a partir de la información de la topología y distribución de la demanda, las características urbano/rural y subterráneo/aéreo y la demanda máxima asociada, de acuerdo al siguiente esquema:



La información recibida en el archivo "Circuitos y transformadores.xls" contiene la siguiente información para las zonas seleccionadas que se describe a continuación:

Tabla 4 Datos de identificación del alimentador

Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la zona seleccionada como SER
Zona	Zona seleccionada como SER
Subestación AT/MT	Nombre de la estación transformadora a la cual está conectado el alimentador de MT
Banco Subestación AT/MT	Banco de la estación transformadora a la cual está conectado el alimentador de MT
Alimentador MT	Nombre del alimentador de MT
Tensión	Tensión de salida del alimentador MT expresada en [kV]
Clasificación	Clasificación del circuito MT en urbano/rural
Usuarios	Usuarios asociados al alimentador. No se aclara si son totales (MT+BT) o sólo MT
Demanda máxima	Demanda máxima anual del alimentador MT expresada en [MW]

Tabla 5 Datos topológicos de los alimentadores MT

Campo	Descripción
Longitud total	Longitud total del alimentador de MT expresada en [km]
Longitud aérea	Longitud del alimentador de MT aérea expresada en [km]
Longitud subterránea	Longitud del alimentador de MT subterránea expresada en [km]
Longitud urbano	Longitud del alimentador de MT en zonas urbanas expresada en [km]
Longitud rural	Longitud del alimentador de MT en zonas rurales expresada en [km]
Longitud total del troncal	Longitud total del troncal del alimentador de MT expresada en [km]
Longitud total de los ramales	Longitud total de los ramales del alimentador de MT expresada en [km]

Un dato importante requerido para la determinación del VRN es la cantidad de equipos que se encuentran instalados por circuito de MT, como por ejemplo, cuchillas seccionadoras, restauradores, cortacircuitos fusibles entre otros. En caso de no contar con esta información se realizarán algunas hipótesis acerca de las protecciones de los circuitos, que definirán las cantidades de equipos instalados en los circuitos de MT en función de la longitud de los

circuitos, la cantidad de derivaciones y la cantidad de transformadores instalados, entre otras.

Tabla 6 Datos de los equipos instalados por alimentador MT

Campo	Descripción
Interruptores / Restauradores	Cantidad de interruptores y restauradores asociados al alimentador MT
Cortacircuito fusible	Cantidad de cortacircuitos fusibles asociados al alimentador MT
Cuchillas seccionadoras	Cantidad de cuchillas seccionadoras asociados al alimentador MT

De la información recibida y analizada en relación a los alimentadores de MT se resume los siguientes valores de referencia para cada SER:

Tabla 7 Cantidad de circuitos MT y principales características por SER

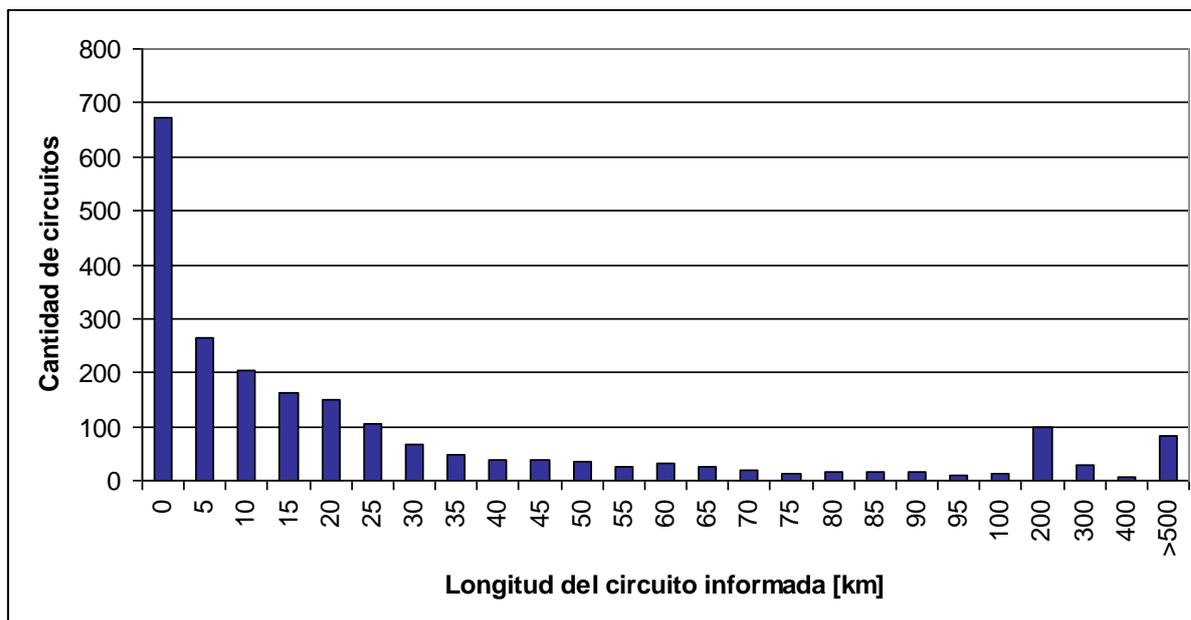
División		SER (Zona)		Identificación del grupo	Cantidad de circuitos	Cantidad de usuarios conectados	Longitud total de los circuitos [km]
DA	Baja California	08	Ensenada	Cluster #8	48	126,671	623
DA	Baja California	08	Ensenada	Cluster #8	8	24,976	62
DA	Baja California	15	Mexicali	Atípica #5	1	455	-
DA	Baja California	15	Mexicali	Atípica #5	154	287,465	10,366
DA	Baja California	15	Mexicali	Atípica #5	28	6,909	253
DB	Noroeste	04	Navojoa	Cluster #5	24	64,211	1,083
DB	Noroeste	04	Navojoa	Cluster #5	22	31,280	1,983
DB	Noroeste	10	Culiacán	Cluster #7	108	200,291	19,362
DB	Noroeste	10	Culiacán	Cluster #7	34	107,978	2,140
DB	Noroeste	33	Nogales	Atípica #11	32	74,892	683
DB	Noroeste	33	Nogales	Atípica #11	1	799	130
DB	Noroeste	33	Nogales	Atípica #11	26	73,263	1,837
DC	Norte	14	Casas Grandes	Atípica #1	8	23,512	416
DC	Norte	14	Casas Grandes	Atípica #1	27	21,939	69,142
DC	Norte	26	Durango	Cluster #1	47	227,762	2,634
DC	Norte	26	Durango	Cluster #1	1	2,382	11
DC	Norte	26	Durango	Cluster #1	26	54,847	3,161
DD	Golfo Norte	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	77	151,922	16,208
DD	Golfo Norte	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	17	7,627	663
DD	Golfo Norte	11	Metropolitana Oriente	Atípica #6	4	6,973	-
DD	Golfo Norte	11	Metropolitana Oriente	Atípica #6	196	387,110	525,165
DD	Golfo Norte	11	Metropolitana Oriente	Atípica #6	40	1,913	92,410
DD	Golfo Norte	12	Metropolitana Poniente	Atípica #7	163	262,989	58,570
DD	Golfo Norte	12	Metropolitana Poniente	Atípica #7	1	-	-
DD	Golfo Norte	12	Metropolitana Poniente	Atípica #7	19	1,689	166
DD	Golfo Norte	17	Sabinas	Cluster #3	2	-	-
DD	Golfo Norte	17	Sabinas	Cluster #3	12	34,686	207
DD	Golfo Norte	17	Sabinas	Cluster #3	14	14,290	556
DD	Golfo Norte	18	Monclova	Atípica #8	3	5,528	19
DD	Golfo Norte	18	Monclova	Atípica #8	61	170,580	1,081
DD	Golfo Norte	18	Monclova	Atípica #8	13	29,450	471
DF	Centro Occidente	55	Manzanillo	Atípica #9	45	106,918	1,540
DF	Centro Occidente	55	Manzanillo	Atípica #9	3	3,641	262
DG	Centro Sur	81	Acapulco	Atípica #10	4	2,500	25
DG	Centro Sur	81	Acapulco	Atípica #10	119	232,961	149,388
DG	Centro Sur	91	Zihuatanejo	Atípica #11	3	6,747	98
DG	Centro Sur	91	Zihuatanejo	Atípica #11	65	110,881	1,361
DJ	Oriente	01	Poza Rica	Cluster #2	76	310,165	5,375
DJ	Oriente	01	Poza Rica	Cluster #2	3	13,764	390
DJ	Oriente	01	Poza Rica	Cluster #2	1	1	17
DK	Sureste	04	Navojoa	Cluster #5	69	343,796	3,550
DK	Sureste	04	Navojoa	Cluster #5	5	15,474	152
DU	Golfo Centro	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	1	1	-
DU	Golfo Centro	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	67	153,102	864
DU	Golfo Centro	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	2	-	-
DU	Golfo Centro	03	Nuevo Laredo	Atípica #2	17	46,389	1,701
DV	Centro Oriente	05	San Martín	Atípica #3	23	129,055	41,163
DV	Centro Oriente	05	San Martín	Atípica #3	16	152	237
DV	Centro Oriente	08	Ensenada	Cluster #8	51	348,946	1,605
DV	Centro Oriente	08	Ensenada	Cluster #8	11	1,016	134
DW	Peninsular	05	San Martín	Atípica #3	1	-	-
DW	Peninsular	05	San Martín	Atípica #3	19	34,696	199
DW	Peninsular	05	San Martín	Atípica #3	2	4	17
DX	Jalisco	12-J	Tepic	Cluster #6	1	-	-
DX	Jalisco	12-J	Tepic	Cluster #6	43	166,731	960
DX	Jalisco	12-J	Tepic	Cluster #6	8	26,485	203
DX	Jalisco	12-J	Tepic	Cluster #6	2	3,289	298
DX	Jalisco	1L	Guadalajara	Cluster #11	3	18,415	-
DX	Jalisco	1L	Guadalajara	Cluster #11	37	235,451	271
DX	Jalisco	1R	Guadalajara	Cluster #11	79	268,650	993
DX	Jalisco	1Y	Guadalajara	Cluster #11	78	214,552	336
DX	Jalisco	1Z	Guadalajara	Cluster #11	111	32,577	44

Fuente: Elaborado en base a información recibida por parte de CFE

En base al análisis de la información podemos concluir que se informaron un total de 2182 circuitos de los cuales 674 se informan con longitudes igual a cero, con lo cual es necesario consultar con el equipo de profesionales de CFE la causa, de manera de resolver el problema, ya que representa el 30% de los alimentadores MT informados, imposibilitando realizar el cálculo de optimización y posterior cálculo del VRN para los SER.

Por otro lado, existen 483 con cero usuarios declarados de los cuales 431 pertenecen al grupo de circuitos que tampoco se informó la longitud.

Figura 1 Longitud de conductor de los circuitos de MT informados



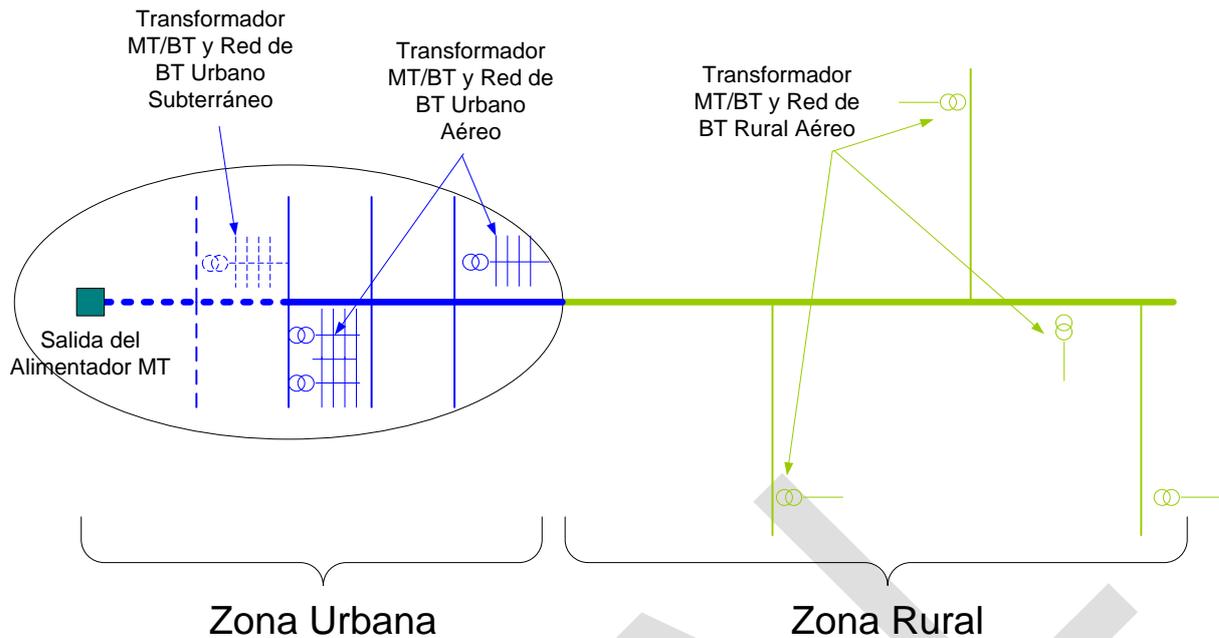
Cabe aclarar que para el análisis presentado anteriormente, sólo se consideraron aquellos circuitos clasificados como “en operación” y “es_circuito” igual a “s” según el catálogo que se adjuntó a la base de datos.

2.4. Transformadores MT/BT y Red BT asociada

La optimización de las instalaciones asociadas a la etapa de BT, considera la optimización de los transformadores MT/BT y las redes de BT con sus equipos de protección y maniobra asociados a los transformadores MT/BT.

Esta optimización se realizará analizando en detalle aquellos módulos de transformación MT/BT que expliquen el 90% de la energía que se transmite a través del transformador a la red de BT, y se ajusta el módulo óptimo económicamente adaptado en función del costo de inversión y del cómputo de las pérdidas durante el periodo analizado.

El esquema de referencia para los transformadores MT/BT y red de BT asociada que será utilizado es el siguiente:



La información recibida y analizada está contenida en el archivo "Circuitos y transformadores.xls" donde se identificaron los siguientes campos:

Tabla 8 Datos de identificación del transformador MT/BT

Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la zona seleccionada como SER
Zona	Zona seleccionada como SER
Alimentador MT	Nombre del alimentador de MT
ID Transformador	Identificación del transformador MT/BT
Tipo	Tipo de montaje del transformador MT/BT: Aéreo, Subterráneo, a Nivel
kVA	Potencia nominal del transformador expresada en [kVA]
Ubicación	Identificar si el transformador está ubicado en zona "Urbana" o "Rural"

Tabla 9 Datos asociados a la red de BT

Campo	Descripción
Salidas BT	Número de salidas de BT de la red asociada al transformador MT/BT
Usuarios	Cantidad de usuarios o acometidas conectados a la red de BT asociada al transformador MT/BT
Energía	Energía anual vendida a usuarios de BT expresada en [MWh]
Conductor de salida BT	Descripción del conductor de salida de circuito de BT; por ejemplo 2fases/3hilos - ACSR 2
Longitud urbana	Longitud de los circuitos de BT que abastecen zonas urbanas expresada

	en [km]
Longitud rural	Longitud los circuitos de BT que abastecen zonas rurales expresada en [km]
Longitud subterránea	Longitud subterránea del circuito de BT expresada en [km]
Longitud aérea	Longitud aérea del circuito de BT expresada en [km]

Del análisis de la información recibida podemos concluir que se informaron 280,584 transformadores MT/BT correspondientes a los SER seleccionados, de los cuales 60 se informaron con capacidad igual a cero, lo cual representa el 0.02% de la información, resultando sin importancia a los fines del estudio de optimización y cálculo del VRN.

2.5. Evolución histórica de las instalaciones y la demanda

La metodología propuesta para la determinación de los costos marginales de largo plazo de distribución por nivel de tensión, comprende el análisis de la evolución histórica de las instalaciones por nivel de tensión MT y BT y clase de instalación, cuyo detalle metodológico se describe en el Informe N°22.

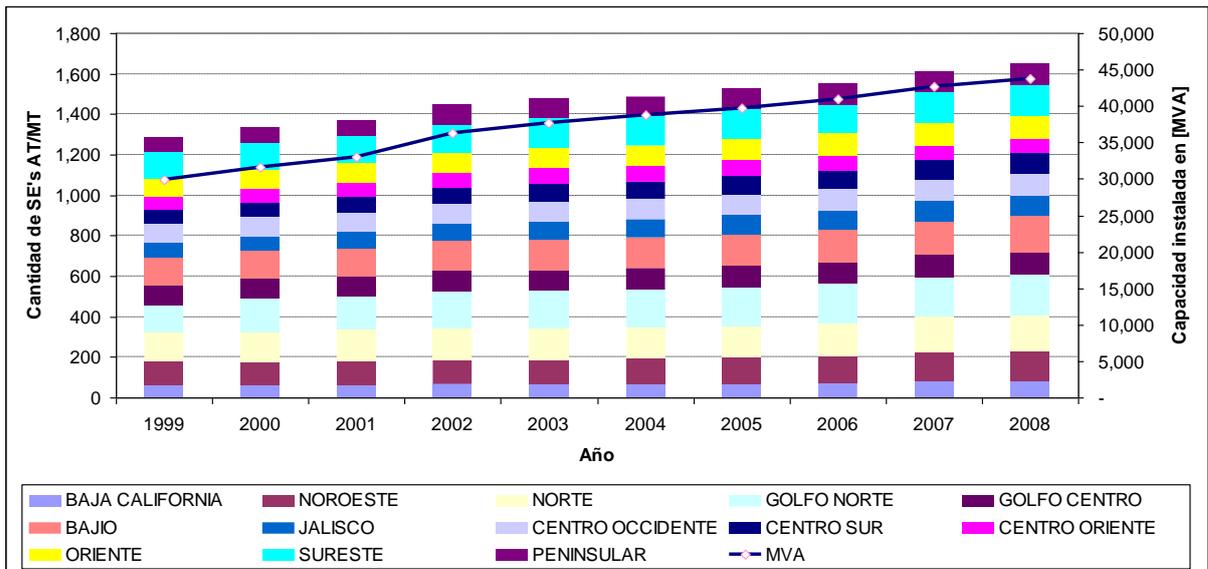
En función de lo antes dicho, para la determinación de los CMLP de distribución se requiere información histórica de 15 años de la evolución de las siguientes instalaciones por división/zona:

- Cantidad [número] y capacidad instalada [MVA] de Estaciones transformadoras AT/MT
- Longitud total de la red de MT expresada en [km]
- Cantidad [número] y capacidad instalada [MVA] de transformadores MT/BT
- Longitud total de la red de BT expresada en [km]

La información recibida incluida en el archivo "REPORTE HISTORICO ESTADISTICO.xls" cumple los requerimientos solicitados en cuanto a las instalaciones y capacidad instalada para subestaciones AT/MT, líneas de AT, MT y BT y transformadores MT/BT según el siguiente detalle:

- Subestaciones AT/MT – Evolución de la cantidad de subestaciones y de la potencia instalada en MVA para el periodo 1999-2009 desagregado por división

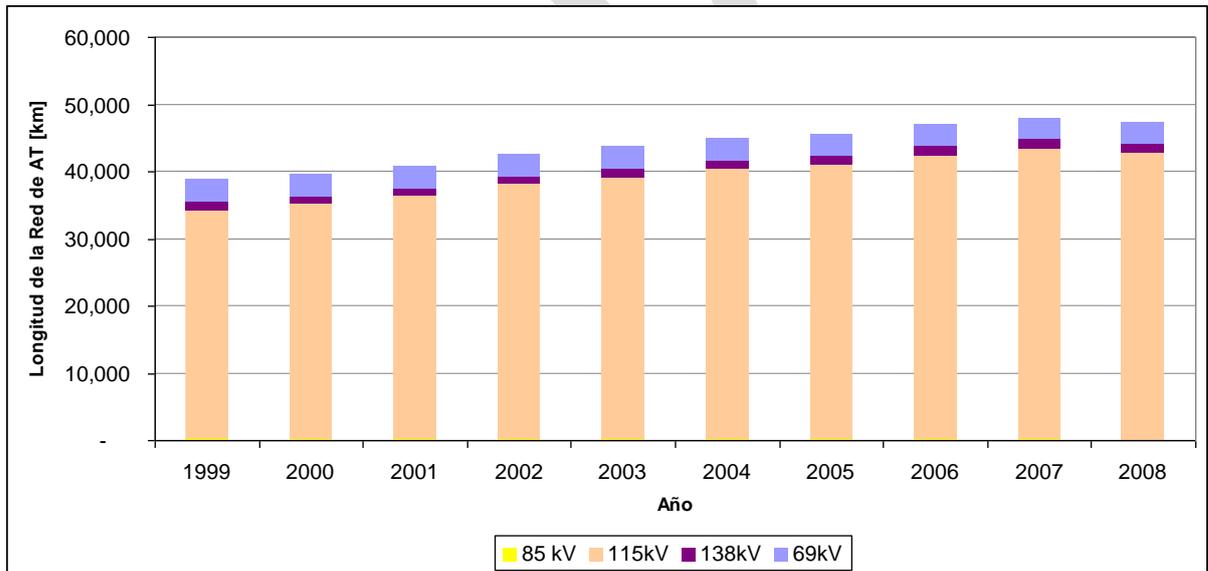
Figura 2 Evolución de la cantidad de SE AT/MT y capacidad instalada por división CFE



Fuente: CFE

- Líneas de AT – Evolución de la longitud de las líneas de AT expresadas en [km] para el periodo 1999-2009 desagregado por nivel de tensión 138kV-115kV-85kV-69kV total para CFE incluyendo líneas aéreas y subterráneas

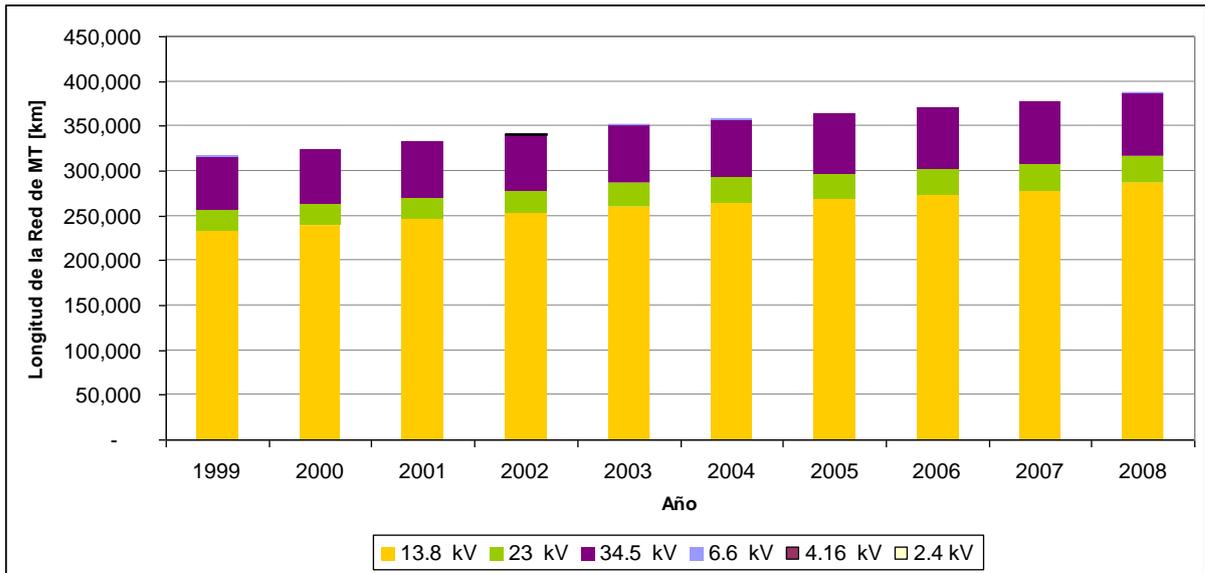
Figura 3 Evolución de la longitud de la red de AT por nivel de tensión - CFE



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

- Líneas de MT – Evolución de la longitud de las líneas de MT expresadas en [km] para el periodo 1999-2009 desagregado por nivel de tensión 34.5kV-23kV-13.8kV-6.6kV-4.16kV-2.4 kV total para CFE incluyendo líneas aéreas y subterráneas

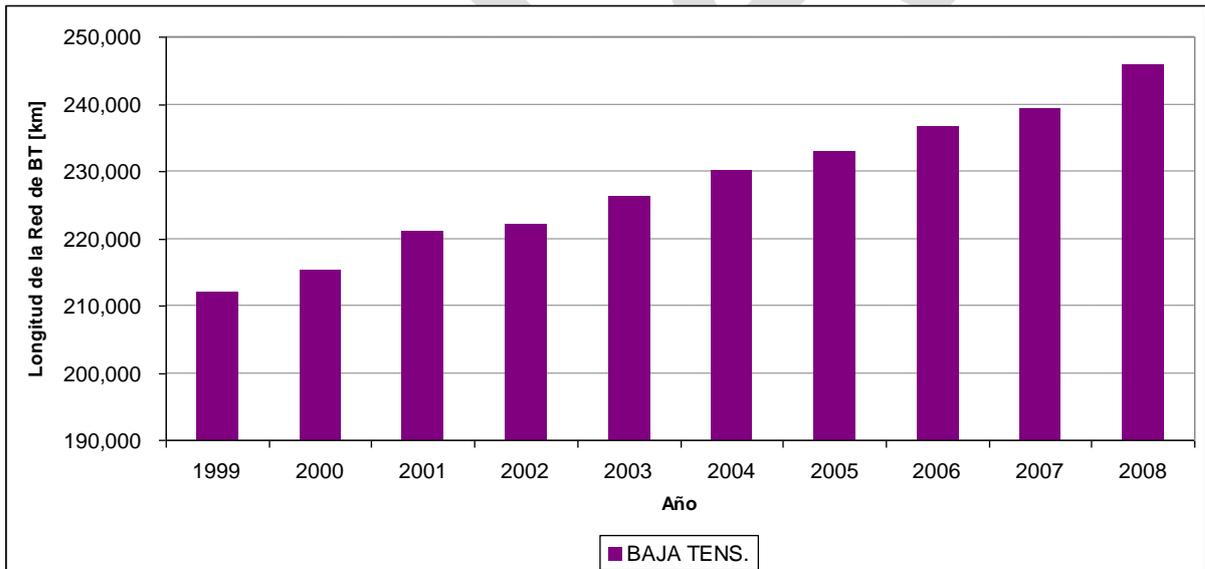
Figura 4 Evolución de la longitud de la red de MT por nivel de tensión - CFE



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

- Líneas de BT – Evolución de la longitud de las líneas de BT expresadas en [km] para el periodo 1999-2009 total para CFE incluyendo líneas aéreas y subterráneas

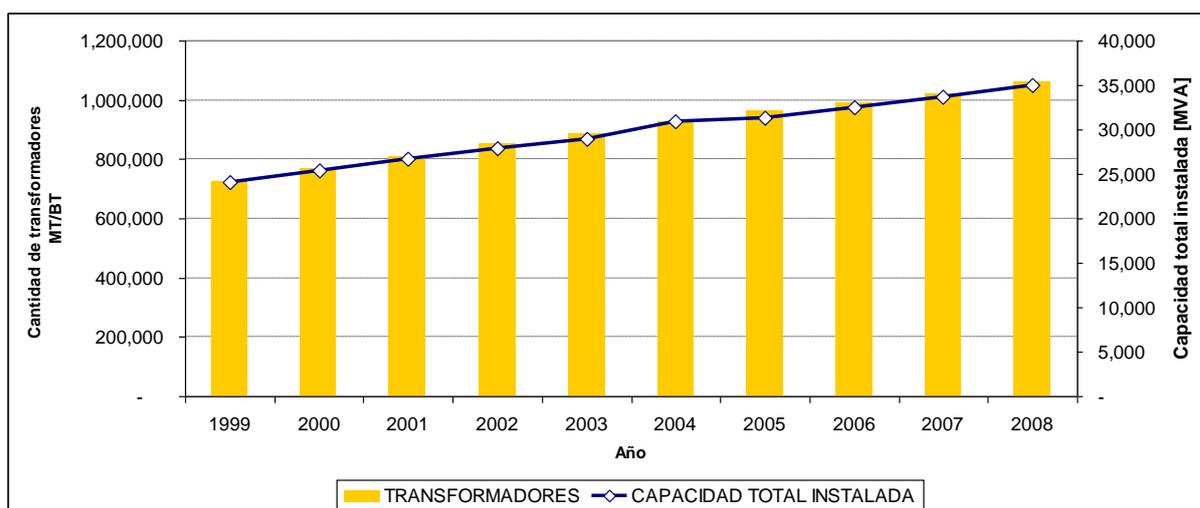
Figura 5 Evolución de la longitud de la red de BT - CFE



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

- Transformadores MT/BT – Evolución de la cantidad de transformadores y capacidad total instalada expresada en [kVA] para el periodo 1999-2009 total para CFE incluyendo líneas aéreas y subterráneas

Figura 6 Evolución de la cantidad y capacidad instalada de transformadores MT/BT - CFE



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

- Energía ingresada a los niveles de MT y BT – Evolución de la energía ingresada a los niveles de MT y BT expresada en [GWh] para el periodo 1999-2009 por división de CFE

Como comentario a este último punto cabe aclarar que la información disponible corresponde a la información estadística usuarios, ventas y producto por categoría tarifaria (CAVEZOS) para el periodo 1996-2008 que contienen la cantidad de usuarios y energía vendida por tarifa, zona y división, que se solicitó oportunamente para otra etapa del estudio

A los fines del cálculo de los costos marginales de largo plazo de distribución, se requiere una tabla simplificada de información estadística agregada de energía o demanda máxima por nivel de tensión MT y BT para las 13 divisiones de CFE.

La información de la evolución de las instalaciones y capacidad instalada correspondiente a las líneas de AT, MT y BT y transformadores MT/BT está agrupada para toda CFE. Dado que el cálculo del costo marginal se realizará por división, es necesario contar con esta información desagregada como mínimo por división. En caso que no exista esta información se propondrá una apertura por división en función de los indicadores que resulten convenientes y surjan del análisis.

3. DEFINICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS A UTILIZAR

Con el objeto de realizar el dimensionamiento óptimo de la red adaptada a la demanda, es necesario definir previamente las tecnologías de diseño que serán consideradas para cada una de las configuraciones de red a incluir en la determinación de la red de mínimo costo.

De esta manera se definirán las tecnologías constructivas que se adoptarán para las líneas de MT y BT aéreas y subterráneas, transformadores MT/BT y equipamiento protección y maniobra, considerando las tecnologías que se definen en las normas constructivas de los sistemas de distribución de CFE y LyFC.

La comparación de las alternativas se ha efectuado considerando los costos fijos y variables. Los costos fijos corresponden a los costos de inversión, y los costos variables corresponden a las pérdidas de energía y potencia, en función de lo cual se desarrollaron las curvas de costos para seleccionar la tecnología económica por rango de corriente [A] en el caso de los conductores y por rango de potencia [kVA] para el caso de los transformadores MT/BT.

Los costos de inversión corresponden al catálogo de precios “CATPRE” asociado al libro “Reporte del CATPRE.xls” correspondiente a diciembre de 2008. El costo de las pérdidas se consideró el marginal de largo plazo, multiplicado por el factor de pérdidas adecuado para trasladar el costo a los niveles de MT y BT.

Las normas consideradas para el análisis tecnologías son las normas constructivas vigentes de CFE para las etapas de distribución en MT y BT, para instalaciones aéreas y subterráneas.

Sobre la base del análisis efectuado se han identificado las siguientes tecnologías que resultan óptimas para la definición de la red adaptada de distribución:

- **Redes subterráneas de MT:** en función de los tipos de cables normalizados utilizados por CFE y la significativa diferencia entre los costos de inversión del conductor de aluminio respecto del cobre (el conductor de aluminio es aproximadamente menor al 50% del costo del conductor de cobre), ha resultado como óptima la utilización de la tecnología de cables de aluminio trifásicos XLP con aislación seca.
- **Redes aéreas de MT:** la tecnología que se ha evidenciado como óptima para el desarrollo de las redes MT considera la utilización de postes de concreto tanto para zonas urbanas como rurales, aisladores poliméricos, conductor de cobre en las zonas de alta contaminación salina, y conductor de aluminio desnudo con alma de acero (ACSR) para el resto de las zonas.
- **Equipos de MT:** los equipos a considerar en la valorización de las instalaciones son los que están definidos en las normas constructivas vigentes mencionadas anteriormente, los cuales comprenden: interruptores, restauradores, cuchillas seccionadoras, cortacircuitos fusibles, seccionalizadores, y apartarayos.
- **Redes Subterráneas de BT:** efectuado un análisis similar al caso de la red subterránea de MT, se determinó que la tecnología óptima es la utilización de cables de aluminio trifásicos con neutro XLP de aislación seca.
- **Redes aéreas de BT:** en función de la comparación de las distintas tecnologías disponibles se ha evaluado como la opción óptima, tanto para las zonas de alta contaminación salina como para el resto, la utilización de líneas aéreas de BT cable múltiple de aluminio forrado montado en postes de concreto.
- **Transformadores MT/BT:** se analizaron los módulos de transformación normalizados por las entidades y definidos en las normas constructivas de distribución, de acuerdo al costo del transformador y de las pérdidas asociadas. El montaje de los mismos será de acuerdo a las configuración aprobadas por dicha norma las cuales comprenden: plataformas aéreas montadas en postes, en pedestal y subterránea sumergible. Las características de una u otra opción dependen del área a servir, por lo que se considerará el tipo actualmente utilizado. En el caso de los transformadores aéreos el o los postes utilizados serán de concreto.
- **Acometidas en MT y BT:** se definirá la tecnología y diseño constructivo de las acometidas a usuarios de MT y BT de acuerdo a las normas técnicas de CFE considerando los calibres y elementos de protección que así lo requieran. EL calibre óptimo de las acometidas se definirá en función de la potencia promedio de los usuarios conectados a un determinado transformador MT/BT.

La ecuación para la elaboración de las curvas de costos es la siguiente:

$$\text{\$Costo} = aCINV + Pe * Cpe + Pp * Cpp \quad (1)$$

Donde:

aCINV: es la anualidad del costo de inversión⁴ del cable, conductor o transformador según corresponda [USD]

Pe: son las pérdidas de energía anuales [kWh]

Cpe: costo de las pérdidas de energía [USD/kWh]

Pp: pérdidas de potencia anuales [kW]

Cpp: costo de las pérdidas de potencia [USD/kW]

Los datos generales considerados para la evaluación técnico-económica de las tecnologías por rango de corriente, asociados a la fórmula de costos presentada anteriormente son los siguientes:

Datos generales

Factor de Carga :	0.70	
Costo de la energía en Generación	60.0	[USD/MWh]
Costo de la potencia en Generación	72.0	[USD/kW año]
Costo de la energía a la entrada de MT	62.2	[USD/MWh]
Costo de la potencia a la entrada de MT	74.6	[USD/kW año]
Costo de la energía a la entrada de BT	64.7	[USD/MWh]
Costo de la potencia a la entrada de BT	77.7	[USD/kW año]
Factor de pérdidas	0.553	
Tasa	12%	%
Vida útil (años)	25	años
Factor de pérdidas hasta entrada MT	1.036	°/1
Factor de pérdidas hasta entrada BT	1.079	°/1
	Pérdidas	Factor de incremento
Pérdidas en transmisión	1.5%	1.015
Pérdidas en subtransmisión	2.0%	1.020
Pérdidas en MT	4.0%	1.042
Pérdidas en BT	6.0%	1.064

A los efectos de realizar el ejercicio comparativo de determinación del calibre óptimo a partir de la curva de costos por rango de consumo se adoptaron los siguientes valores:

Factor de carga (FC): corresponde al factor de carga del sistema de distribución el cual se asume igual a 0.7 a los efectos de la comparación y surge de los estudios preliminares de curva de carga

Costos de la energía y la potencia en Generación: es el valor del costo marginal de largo plazo de la energía y la potencia para el cual se adopta 60USD/MWh y 72USD/kW año, en función de los cálculos preliminares realizados en el presente estudio tarifario

Costos de la energía y la potencia a la entrada de MT y BT: se calcula como el costo marginal de largo plazo en generación multiplicado por los factores de pérdidas calculados como:

$$FP = \frac{1}{(1 - \%P)}$$

%P: son valores de pérdidas de referencia internacional de pérdidas en sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución.

⁴ Se consideraron los costos unitarios del catálogo de precios de la CRE a ajustados a Diciembre de 2007.

Factor de carga de las pérdidas (FCp): se determina empíricamente a partir del factor de carga del sistema (FC) aplicando la fórmula de Buller-Woodrow donde:

$$FCp = 0.3 \times FC + 0.7 \times FC^2$$

Tasa de descuento: se adoptó la tasa del 12% que es la utilizada por planeación de CFE para la evaluación de proyectos

Vida útil: se adoptó 25 años que resulta la vida útil de las instalaciones de distribución típicamente considera de acuerdo a la referencia internacional

Cabe aclarar que en los gráficos de análisis de tecnología económica en el “eje Y” se identifica el costo total resultado de la aplicación de la fórmula presentada anteriormente, mientras que en el “eje X” se identifica la corriente [A] o capacidad [kVA] equivalente que se utilizará para la selección de la tecnología adecuada. Este concepto se desarrolla en el capítulo 6 del presente informe.

A continuación se describe en detalle el análisis realizado para cada componente de la red de distribución.

3.1. Redes aéreas de MT

Las redes aéreas de MT están conformadas por tres componentes fundamentales que a la hora de su valorización, se pueden clasificar en la estructura (fundamentalmente el poste), el aislador y el conductor.

Del análisis realizado surge que el poste de concreto tiene un costo de inversión similar al de madera, pero el poste de concreto requiere menor mantenimiento y tiene la ventaja que su tasa de reemplazo es menor que la de madera, prolongando la vida útil, no requiere aplomado por desvío respecto de su vertical ni retensado de retenidas, ni tampoco requiere la tarea de reimpregnado durante su vida útil. Adicionalmente el poste de concreto presenta una importante uniformidad dimensional en su fabricación, una gran resistencia mecánica y una elevada durabilidad. Por este motivo se selecciona la estructura de concreto para las líneas de MT aéreas.

Respecto de la tecnología de los aisladores, de acuerdo a las normas de diseño y construcción de CFE mencionadas anteriormente, para las líneas aéreas de MT, se propone la utilización de aisladores sintéticos SHL45N, cuyo costo de acuerdo al catálogo de precios varía entre 15 y 35 dólares en función del nivel de tensión considerado. Para el caso de las redes urbanas esta es la tecnología que se propone utilizar tanto para estructuras de paso como retenidas, derivaciones y terminales. En el caso de las redes rurales, se utilizarán los aisladores PD y PC para las estructuras de paso y derivación y los aisladores sintéticos SHL45N para las estructuras de retenida y terminales.

Para la evaluación del conductor óptimo por rango de consumo se analizaron las opciones tecnológicas para dos escenarios con y sin contaminación, los cuales se detallan a continuación.

3.1.1. REDES AÉREAS DE MT SIN CONTAMINACIÓN

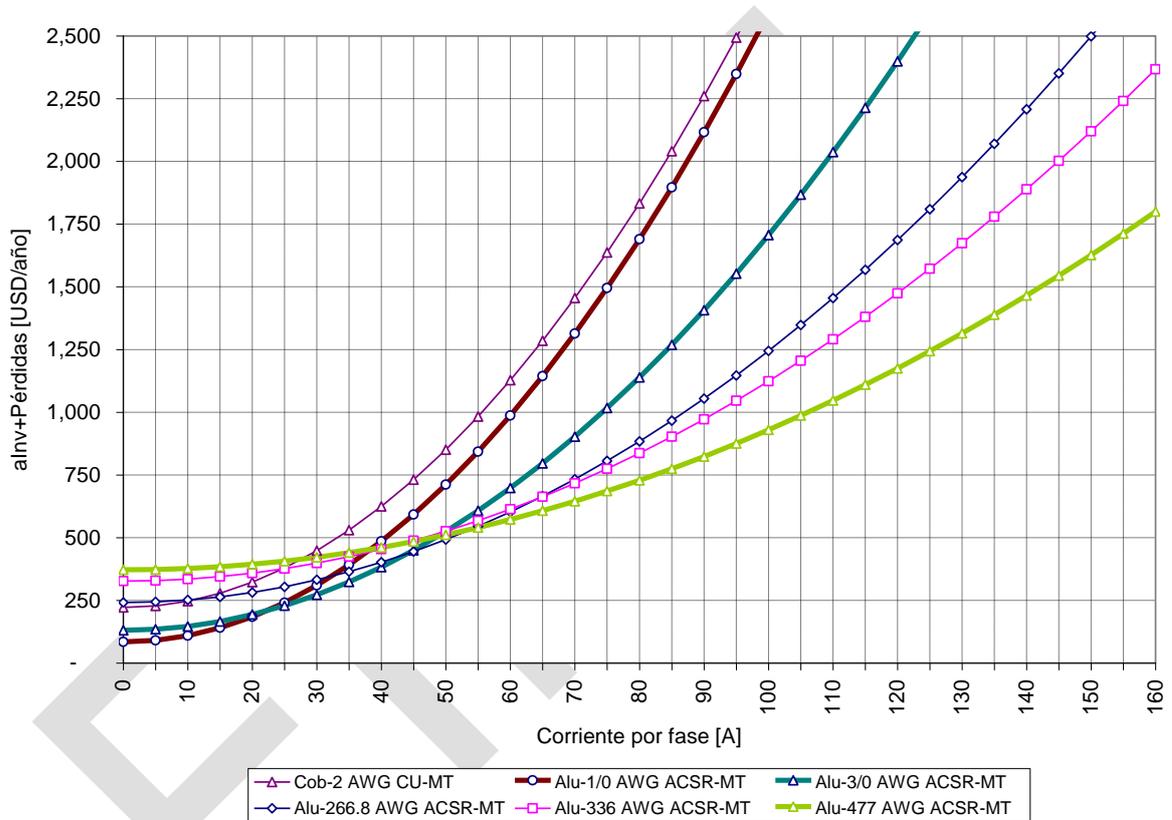
Para la determinación de los calibres del conductor óptimo por rango de consumo para las redes aéreas sin contaminación, se consideraron las opciones tecnológicas de conductor desnudo que se definen en las normas constructivas de las entidades, las cuales comprenden:

- 2 AWG CU

- 1/0 AWG ACSR
- 3/0 AWG ACSR
- 266.8 AWG ACSR
- 336 AWG ACSR
- 477 AWG ACSR

El análisis se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del conductor por km y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia. Los resultados se muestran en el gráfico siguiente:

Figura 7 Curva de costos para líneas aéreas de MT sin contaminación



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

Los conductores seleccionados para realizar la optimización de las redes aéreas de MT en zonas sin contaminación comprenden:

Tabla 10 Calibres seleccionados para la red MT aérea s/contaminación

Rango de corriente [A]	Conductor económico
Hasta 22 A	1/0 AWG ACSR
Mayor a 22A hasta 50A	3/0 AWG ACSR
Mayor a 50A hasta límite admisible (660A)	477 AWG ACSR

3.1.2. REDES AÉREAS DE MT CON CONTAMINACIÓN

Para la determinación de los calibres de conductor óptimo por rango de consumo para las redes aéreas con contaminación se consideraron las opciones tecnológicas de conductor de cobre y semi-aislados o forrado que se definen en las normas constructivas de las entidades, las cuales comprenden:

- 2 AWG CU, 1/0 AWG CU, 3/0 AWG CU y 250 KCM CU
- 1/0 AWG SA-ACSR, 3/0 AWG SA-ACSR, 266.8 AWG SA-ACSR, 336 AWG SA-ACSR y 477 AWG SA-ACSR
- 1/0 AWG SA-AAC, 3/0 AWG SA- AAC, 266.8 AWG SA- AAC, 336 AWG SA- AAC y 477 AWG SA- AAC

El análisis se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del conductor por km y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

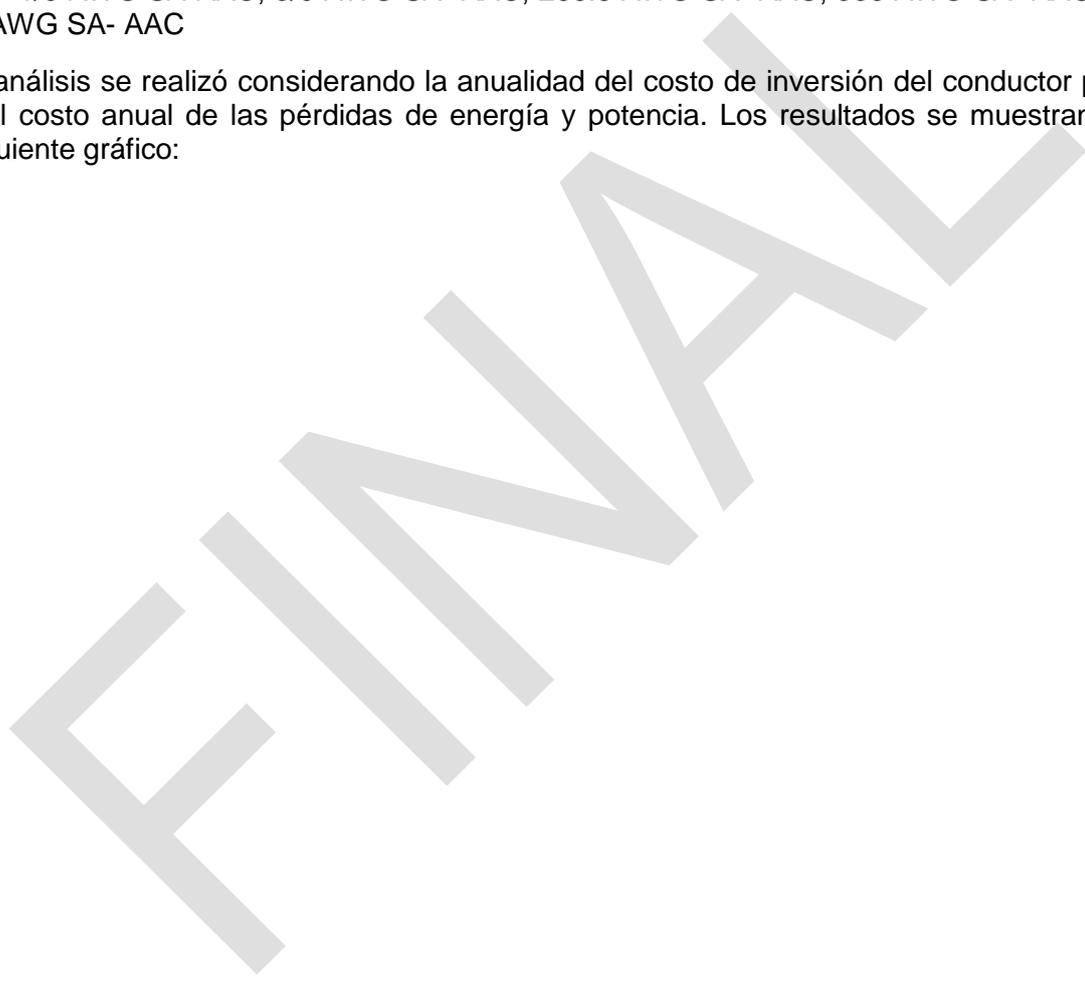
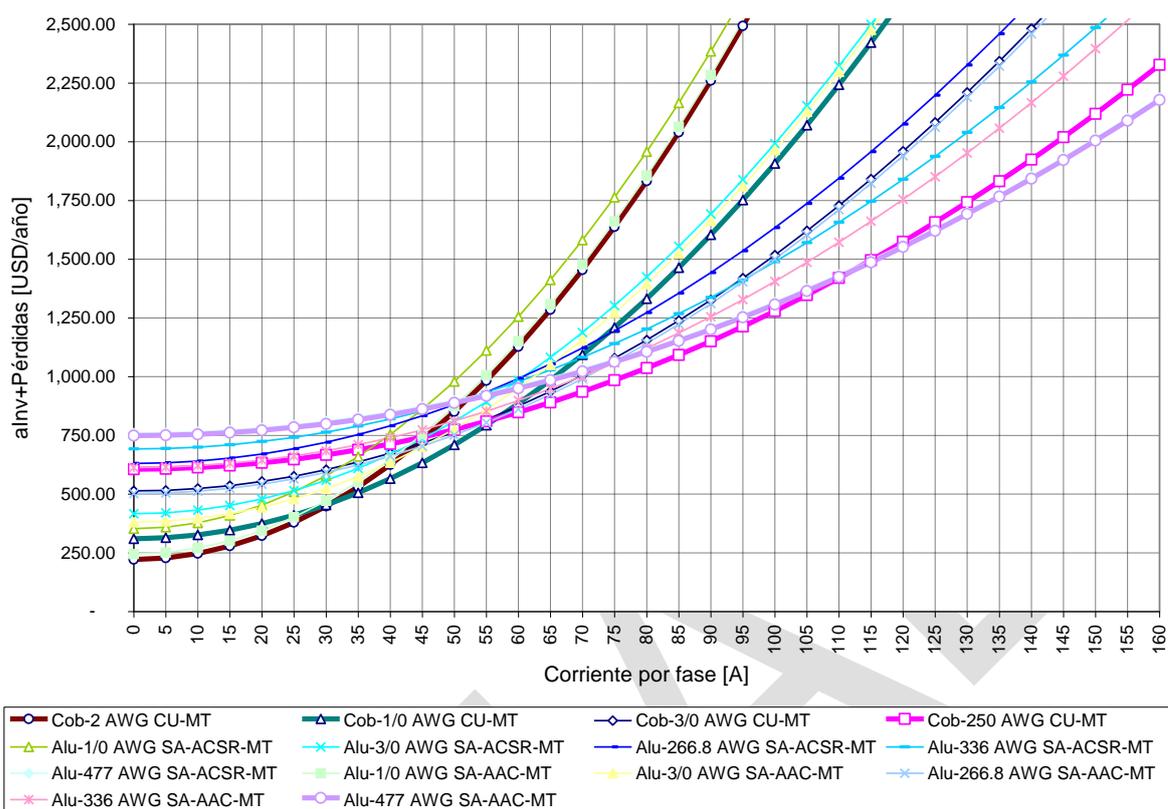


Figura 8 Curva de costos para líneas aéreas de MT con contaminación



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

Los conductores seleccionados para realizar la optimización de las redes aéreas de MT en zonas con contaminación comprenden:

Tabla 11 Calibres seleccionados para la red MT aérea c/contaminación

Rango de corriente [A]	Conductor económico
Hasta 30 A	2 AWG CU
Mayor a 30A hasta 55A	1/0 AWG CU
Mayor a 65A hasta 115A	250 AWG CU
Mayor a 115A hasta límite admisible (670A)	477 AWG SA-ACSR

3.2. Redes subterráneas de MT

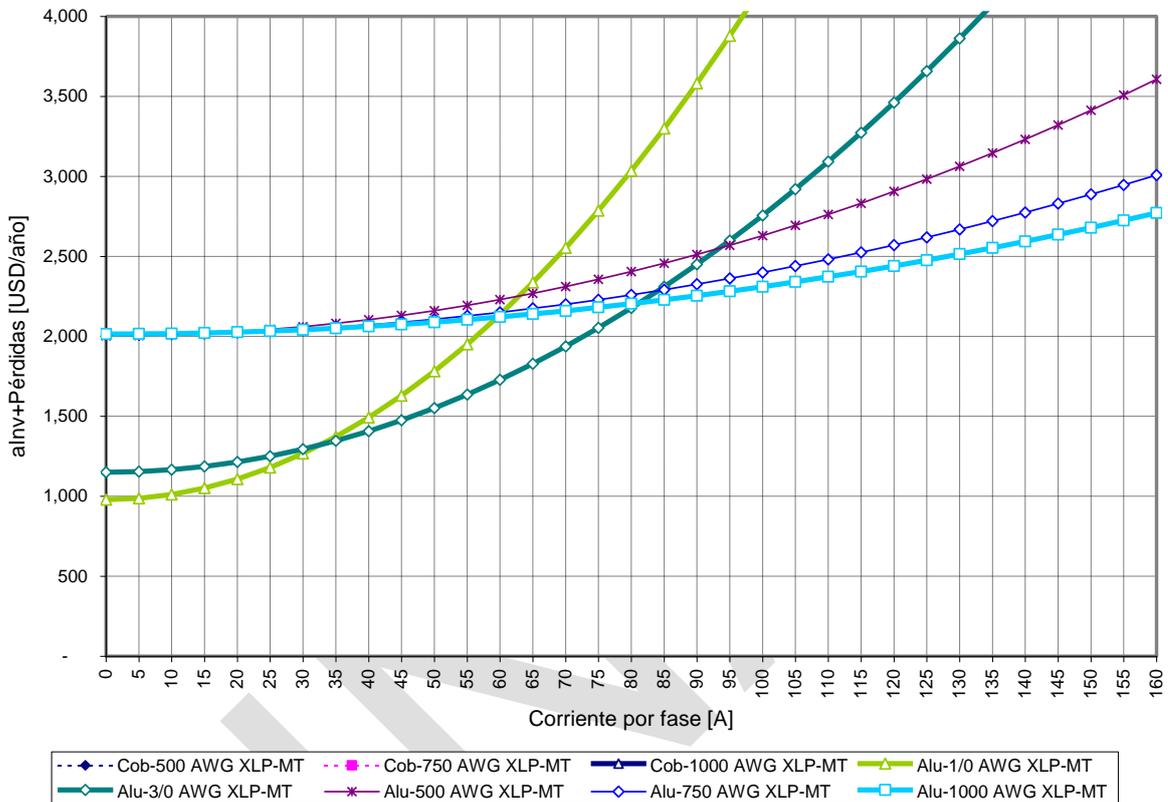
Para la determinación de los calibres de conductor óptimo por rango de corrientes [A] para las redes subterráneas de MT se consideraron las opciones tecnológicas de conductor de cobre y aluminio con aislación seca que se definen en las normas constructivas de las entidades, las cuales comprenden:

- 500 KCM CU-XLP, 750 KCM CU-XLP, 1000 KCM CU-XLP

- 1/0 AWG AL-XLP, 3/0 AWG AL-XLP, 500 KCM AL-XLP, 750 KCM AL-XLP, 1000 KCM AL-XLP

El análisis se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del cable por km y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

Figura 9 Curva de costos para líneas subterráneas de MT



Fuente: Elaborado en base a información de CFE

Los cables subterráneos de MT seleccionados para realizar la optimización de las redes de MT comprenden:

Tabla 12 Calibres seleccionados para la red MT subterránea

Rango de corriente [A]	Conductor económico
Hasta 35 A	1/0 AWG AL-XLP
Mayor a 35A hasta 85A	3/0 AWG AL-XLP
Mayor a 85A hasta límite admisible (604A)	1000 AWG AL-XLP

3.3. Equipos de MT

Los equipos de MT a considerar para la optimización de las redes y su posterior valorización comprenden los siguientes:

-
- Cuchillas (en grupo o monopolares)
 - Cortacircuitos fusibles
 - Restaurador fusible
 - Restaurador
 - Apartarayos (para zonas con alto nivel isocerámico)

De acuerdo a las normas constructivas vigentes, se considerarán los siguientes aspectos para la ubicación de los equipos de MT.

Las cuchillas de operación en grupo se instalarán en líneas troncales, en puntos de enlace entre dos circuitos, donde exista equipo de protección o seccionamiento de restauradores, transiciones de circuito aéreas a subterráneas, siendo las mismas de operación bajo carga.

Los restauradores se colocarán a la salida de los alimentadores de MT y los mismos se combinarán con seccionalizadores en ramales principales o cortacircuitos fusibles. Además, en circuitos de gran longitud y carga elevada, se considerará la instalación de un restaurador en el recorrido del circuito para seccionar el mismo y lograr una mejor operación y aislamiento de las fallas.

En el caso de los apartarayos, los mismos se colocarán en zonas con nivel isocerámico alto, en conjunto con los elementos de operación, seccionamiento y transformación, y en todos aquellos puntos de la línea que lo requieran para la protección contra descargas.

3.4. Redes aéreas de BT

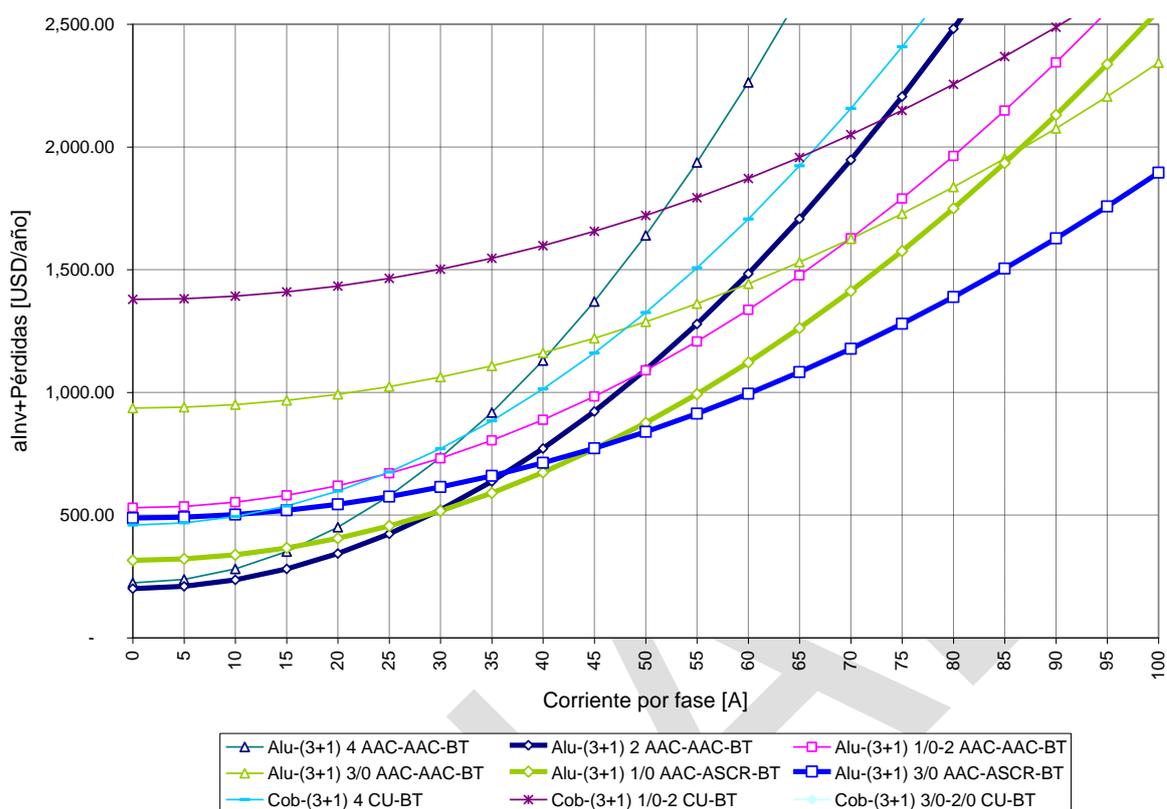
De acuerdo a las normas constructivas para las redes de BT aérea, la tecnología aplicable es cable múltiple forrado formado por un conductor soporte desnudo y uno o varios conductores de aluminio de cobre forrados dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo.

Los calibres de conductor aéreo para líneas aéreas de BT consideradas comprenden:

- (3+1) 4 AAC-AAC, (3+1) 2 AAC-AAC, (3+1) 1/0-2 AAC-AAC, (3+1) 3/0 AAC-AAC
- (3+1) 1/0 AAC-ASCR, (3+1) 3/0 AAC-ASCR
- (3+1) 4 CU, (3+1) 1/0-2 CU, (3+1) 3/0-2/0 CU

El análisis se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del conductor por km y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

Figura 10 Curva de costos para líneas aéreas de BT



Los conductores a considerar para la optimización de las redes de BT aéreas comprenden:

Tabla 13 Calibres seleccionados para la red BT aérea

Rango de corriente [A]	Conductor económico
Hasta 30 A	(3+1) 2 AAC-AAC
Mayor a 30A hasta 45A	(3+1) 1/0 AAC-ACSR
Mayor a 45A hasta límite admisible (340A)	(3+1) 3/0 AAC-ACSR

3.5. Redes subterráneas de BT

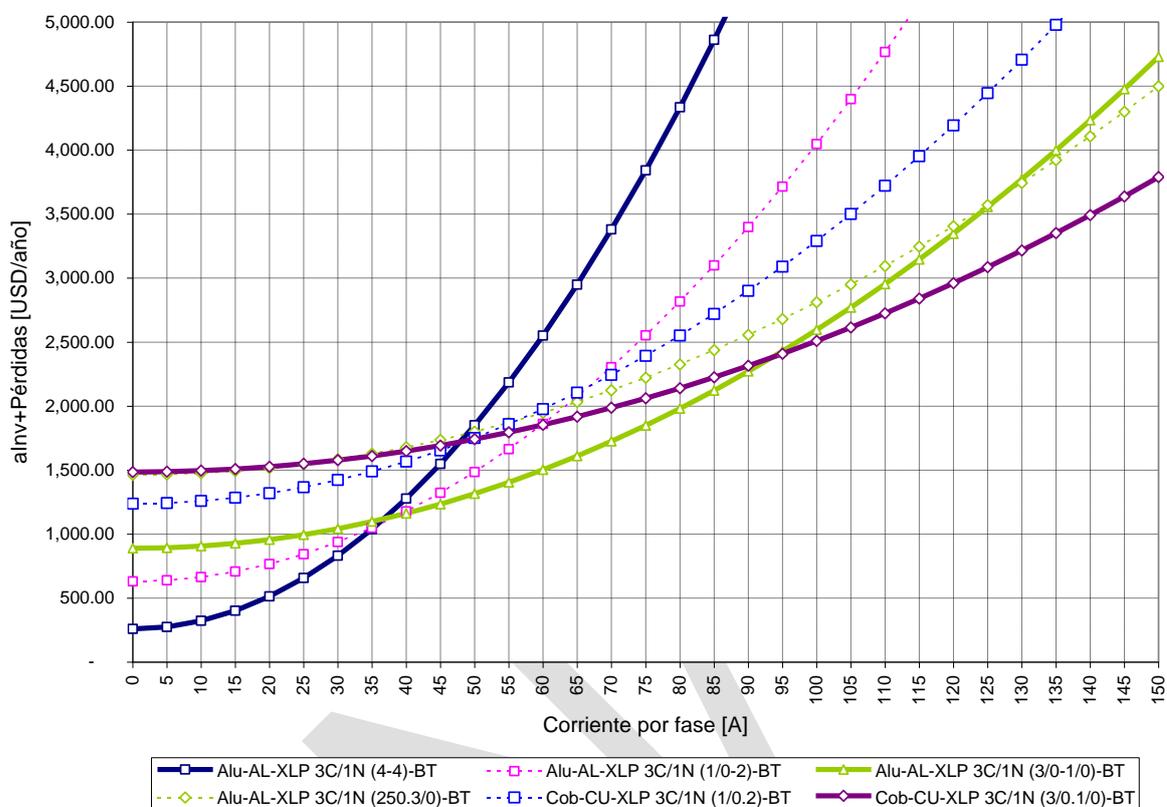
De acuerdo a las normas constructivas para las redes subterráneas de BT, la tecnología aplicable es cable múltiple forrado formado por un conductor soporte desnudo y uno o varios conductores de aluminio de cobre forrados dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo.

Los calibres de cable subterráneo para líneas de BT consideradas comprenden:

- AL-XLP 3C/1N (4-4), AL-XLP 3C/1N (1/0-2), AL-XLP 3C/1N (3/0-1/0), AL-XLP 3C/1N (250.3/0)
- CU-XLP 3C/1N (1/0.2), CU-XLP 3C/1N (3/0.1/0)

El análisis se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del conductor por km y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

Figura 11 Curva de costos para líneas subterráneas de BT



Los conductores a considerar para la optimización de las redes subterráneas de BT comprenden:

Tabla 14 Calibres seleccionados para la red BT subterránea

Rango de corriente [A]	Conductor económico
Hasta 35 A	AL-XLP 3C/1N (4-4)
Mayor a 35A hasta 95A	AL-XLP 3C/1N (3/0-1/0)
Mayor a 95A hasta límite admisible (310A)	CU-XLP 3C/1N (3/0.1/0)

3.6. Transformadores MT/BT

Los transformadores considerados en el estudio corresponden a las tecnologías y módulos de transformación normalizados y presentados en las normas constructivas vigentes. En la norma se indica que la clase de transformadores según su montaje se pueden dividir en:

- Tipo poste (montados sobre uno o dos postes)
- Tipo pedestal (a nivel)
- Tipo bóveda sumergible (subterráneos)

Los transformadores de MT/BT podrán ser monofásicos o trifásicos y los módulos a considerar en el análisis comprenden:

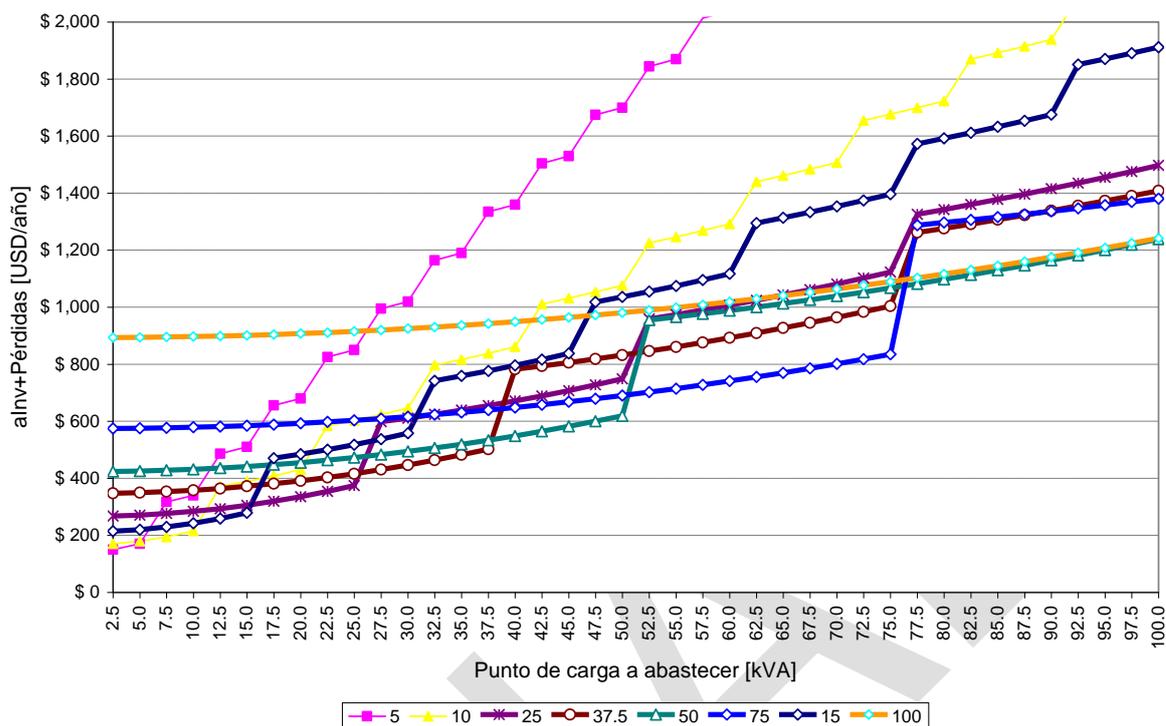
Tabla 15 Módulos para la transformación MT/BT normalizados

Transformador MT/BT Monofásicos [kVA]	Transformador MT/BT Trifásicos [kVA]
5	15
10	30
15	45
25	75
37.5	112.5
50	150
75	225
100	300
-	500

El análisis de los módulos de transformación óptimos se realizó considerando la anualidad del costo de inversión del transformador y el costo anual de las pérdidas de energía y potencia por rango de potencia en kVA, es decir que para un punto de carga con una determinada potencia instalada, se determina la cantidad de transformadores de cada módulo para abastecer dicha demanda.

Los resultados para el caso de transformadores MT/BT monofásicos se muestran en el siguiente gráfico.

Figura 12 Curva de costos para transformadores MT/BT monofásicos



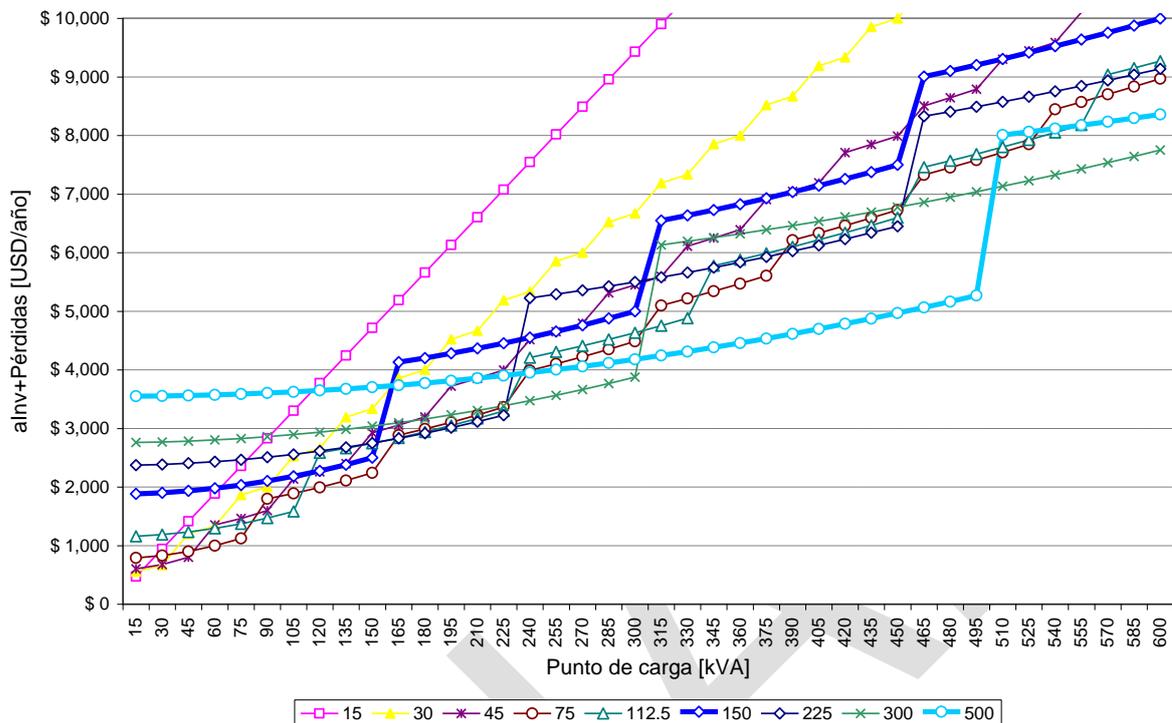
Como resultado del análisis realizado, y en función del análisis de los módulos de transformación instalados, se seleccionaron los siguientes módulos por rango de potencia [kVA]:

Tabla 16 Módulos de transformación MT/BT monofásicos seleccionados

Demanda del punto de carga [kVA]	Capacidad del banco de transformadores MT/BT monofásicos [kVA]
Hasta 5kVA	1 x 5kVA
Mayor a 5kVA hasta 10kVA	1 x 10kVA
Mayor 10kVA hasta 25kVA	1 x 25kVA
Mayor a 25kVA hasta 50kVA	1 x 50kVA
Mayor a 50kVA hasta 75kVA	1 x 70kVA
Mayor a 75kVA hasta 100kVA	2 x 50kVA

Los resultados para el caso de transformadores MT/BT trifásicos se muestran en el siguiente gráfico.

Figura 13 Curva de costos para transformadores MT/BT trifásicos



Como resultado del análisis realizado, los módulos de transformación seleccionados por rango de potencia [kVA] resultan:

Tabla 17 Módulos de transformación MT/BT trifásicos seleccionados

Demanda del punto de carga [kVA]	Capacidad del banco de transformadores MT/BT trifásicos [kVA]
Hasta 15kVA	1 x 15kVA
Mayor a 15kVA hasta 45kVA	1 x 45kVA
Mayor 45kVA hasta 75kVA	1 x 75kVA
Mayor a 75kVA hasta 150kVA	1 x 150kVA
Mayor a 150kVA hasta 300kVA	2 x 150kVA
Mayor a 300kVA hasta 450kVA	3 x 150kVA
Mayor a 450kVA hasta 600kVA	4 x 150kVA

3.7. Acometidas de MT y BT

Las acometidas de MT podrán ser monofásicas, bifásicas o trifásicas, para servicios con red aérea y subterránea. Los conductores a considerar serán de aluminio desnudo, forrado o de cobre según la tecnología de red de MT que se utilice en la zona. Los conductores a utilizar son los siguientes:

-
- ACOM AEREA 2F MT AAC ó CU
 - ACOM AEREA 3F MT AAC ó CU3
 - ACOM SUBTERR 3F EQ SUMERGIBLE MT KV AL
 - ACOM SUBTERR 3F EQ TIPO PEDESTAL MT AL

Las acometidas de BT se conectarán a la red mediante conectadores de hasta 6 derivaciones cuando la carga máxima no supere 30A; en tal caso se conectarán directamente a la red. El conductor a utilizar para la acometida dependerá de la corriente de carga y será de tipo múltiple para los siguientes calibres y fases:

- SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (1+1)8C
- SERVICIO DE RED AEREA CON AI (1+1)6C
- SERVICIO DE RED AEREA CON AI (2+1)4C
- SERVICIO DE RED AEREA CON AI (2+1)6C
- SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (2+1)8C
- SERVICIO DE RED AEREA CON AI (3+1)6C
- SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (3+1)4C
- SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (3+1)8C
- SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON AI - XLP 1C/1N (44)
- SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON AI - XLP 2C/1N (44)
- SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Cu - THWN 2C/1N (46)
- SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Cu - THWN 2C/1N (68)
- SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON AI - XLP 3C/1N (44)

En el caso de zonas con riesgo de hurto y fraude se colocarán conductores concéntricos. El diseño de estos cables tiene por objeto impedir posibles fraudes de energía, mediante derivaciones tomadas antes de la llegada al medidor, pues su construcción dificulta las conexiones fraudulentas. Además, la cubierta de polietileno negro es resistente a la acción de la intemperie y posee alta resistencia a la abrasión lo cual permite su instalación en zonas arboladas y con contaminación.

3.8. Valor de la corriente a considerar en el cálculo

El costo total que se calcula mediante la ecuación (1) para la definición de la curva de costos de las unidades constructivas por rango de corriente, es un valor anual calculado como la anualidad del costo de inversión más el costo de las pérdidas determinado en función de la carga o corriente que circula por los conductores. Este valor de pérdidas considerado es un valor anual asociado a la corriente máxima para el año base considerado.

La optimización de las instalaciones se realizará seleccionando para cada caso el conductor o módulo de transformador más adecuado desde el punto de vista técnico-económico para transmitir la energía eléctrica. El conductor así seleccionado será aquel que minimiza el

costo total mencionado anteriormente considerando las pérdidas de energía y potencia durante su vida útil, actualizadas a valor presente.

Considerando que los equipos y materiales componentes del sistema de distribución tienen capacidades discretas, la reserva de capacidad de los mismos será aquella que resulte necesaria al considerar en el proceso de optimización, el factor de crecimiento vegetativo de la demanda para el período tarifario, que a los efectos del ejercicio se considerará el que surge de la planeación del sistema de CFE.

Por lo tanto, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, cuando se trata de dimensionar el conductor o transformador óptimo para un período de tiempo de varios años, es necesario integrar el valor de las pérdidas a lo largo del período de análisis, teniendo en cuenta el aumento que experimentan los flujos de potencia por las líneas debido al aumento de la demanda. Es decir, que dado que en la ecuación (1) se utiliza el valor de corriente máxima para el año base, si seleccionamos el conductor para el año base se estaría subestimando el costo total de las pérdidas en el período de análisis. Por otro lado, si se utiliza en valor de corriente máxima en el año horizonte en la ecuación (1), se estaría sobre valorando la influencia de las pérdidas en el costo total para todo el período de análisis.

Este problema se resuelve determinando una corriente equivalente (I_{eq}) para cada tramo, cuyo valor es constante a largo del período de análisis, tal que descontadas a valor presente origine las mismas pérdidas que provoca la corriente real, cuyo valor se incrementa año a año.

De esta manera, si se definen los siguientes términos:

VP_r : Valor presente de las pérdidas debido a las corrientes reales

VP_{eq} : Valor presente de las pérdidas debido a la corriente equivalente

i : Tasa de descuento

α : Tasa de crecimiento de la corriente (igual a la tasa de crecimiento de la demanda)

n : Número de años de análisis

I_0 : Valor de la corriente máxima en el año base

I_j : Valor de la corriente máxima para el último año del periodo

I_{eq} : Corriente equivalente de costo de pérdidas

El valor presente de las pérdidas debido a las corrientes reales será:

$$VP_r = I_0^2 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{(1+\alpha)^{2 \cdot j}}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Por otro lado, considerando las pérdidas equivalentes, la ecuación sería la siguiente:

$$VP_{eq} = I_{eq}^2 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Igualando las ecuaciones (2) y (3) obtenemos:

$$VP_r = VP_{eq}$$

$$I_0 \cdot \sum_{j=1}^n \frac{(1+\alpha)^{2 \cdot j}}{(1+i)^j} = I_{eq} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j}$$

Resultando:

$$I_{eq} = I_0 \cdot \left[\frac{\sum_{j=1}^n \frac{(1+\alpha)^{2 \cdot j}}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j}} \right]^{1/2}$$

Para efecto de cálculo, es conveniente encontrar la relación entre la corriente equivalente I_{eq} y la corriente máxima al final del período. De esa forma, se encuentra un factor que normaliza el valor de la corriente equivalente, cuyo valor es independiente de la corriente inicial I_0 .

A modo de ejemplo, si calculamos la corriente equivalente considerando los siguientes datos se obtiene:

$i = 12\%$

tasa de crecimiento "alfa" = 4.5%

periodo "n" = 5 años

$I_0 = 10 \text{ A}$

$I_{eq} = 11.39 \text{ A}$

Es decir, que la corriente que se debe considerar para la selección del conductor no es la del año base sino una equivalente que resulta, para el ejemplo planteado, 13.9% mayor que la máxima correspondiente al año base.

Al definirse el factor de ajuste por corriente equivalente a partir de variables que no dependen de las instalaciones físicas, una vez calculado dicho factor se aplica a la corriente de cada tramo en forma directa para ingresar a los gráficos de selección y determinar la sección o transformador óptimo. Finalmente, se debe verificar que la corriente para el año "n" horizonte no supere la corriente límite admisible del conductor debiendo en ese caso tener que considerar el calibre económico siguiente.

4. COSTOS UNITARIOS DE LAS UNIDADES CONSTRUCTIVAS

De acuerdo a las tecnologías seleccionadas para la optimización del sistema de distribución se presentan los costos unitarios para cada componente a moneda de diciembre de 2007 que serán considerados en el cálculo del VRN. Los costos están desglosados por concepto de materiales, mano de obra, ingeniería supervisión de obra, y con apertura por urbano/rural, zonas con y sin contaminación y discriminación entre instalaciones aéreas y subterráneas.

Asimismo, se presentan los incrementos de costos de acuerdo a las variables exógenas determinadas en función de los conceptos considerados para cada caso.

4.1. Costos de inversión de los componentes de la red de distribución

A partir de la información del catálogo de precios a diciembre de 2007 de la CFE con precios reconocidos por la CRE y considerando las tecnologías definidas se identificaron los costos unitarios para cada componente de la red de distribución, los cuales se detallan a continuación.

El tipo de cambio de 10.8662 \$MEX/USD indicado en las tablas corresponde al utilizado en los balances contables de CFE.

Tablas 18 Costos unitarios de subestaciones AT/MT por tipo constructivo

Subestacion encapsulada h en AT y barra principal tablero metal clad en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Ud.]
1T-3F-20MVA-115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	2,481,396	215,589	804,228	40,294	75,480	58,616	3,675,603
1T-3F-20MVA-115/23 2/4 A 1.2 MVAR	2,679,947	215,589	804,228	41,114	75,480	58,616	3,874,974
1T-3F-20MVA-138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	2,798,827	237,126	804,228	43,156	77,422	64,818	4,025,578
1T-3F-20MVA-69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	2,203,733	194,052	804,228	88,663	73,538	52,413	3,416,627
1T-3F-20MVA-69/23 2/4 A 1.2 MVAR	2,488,475	194,052	804,228	89,815	73,538	52,413	3,702,522
1T-3F-30MVA-115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	2,627,424	186,873	804,228	39,675	72,586	45,981	3,776,766
1T-3F-30MVA-115/23 2/4 A 1.8 MVAR	3,098,052	215,589	804,228	42,059	75,480	58,616	4,294,023
1T-3F-30MVA-138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	3,001,740	237,126	804,228	44,203	77,422	64,818	4,229,538
1T-3F-30MVA-69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	2,120,598	194,052	804,228	89,634	73,538	52,413	3,334,464
1T-3F-30MVA-69/23 2/4 A 1.8 MVAR	2,397,258	194,052	804,228	90,759	73,538	52,413	3,612,249

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Subestaciones barra principal-barra de transferencia en AT y barra principal metal clad en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Ud.]
1T-3F-6.25 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,589,075	168,565	426,031	25,467	43,898	32,652	2,285,688
1T-3F-6.25 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,887,059	168,565	426,031	26,332	43,898	32,652	2,584,537
1T-3F-6.25 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,638,939	168,596	426,031	26,129	43,900	32,652	2,336,246
1T-3F-6.25 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,454,099	168,565	426,031	24,553	43,898	32,652	2,149,797
1T-3F-6.25 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,738,090	168,517	426,031	25,311	43,895	32,652	2,434,496
1T-3F-9.375 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,514,454	168,565	426,031	26,571	43,898	32,652	2,212,171
1T-3F-9.375 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,808,707	168,565	426,031	27,326	43,898	32,652	2,507,178
1T-3F-9.375 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,704,232	168,596	426,031	27,274	43,900	32,652	2,402,685
1T-3F-9.375 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,433,888	168,517	426,031	25,584	43,895	32,652	2,130,567
1T-3F-9.375 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,728,141	168,517	426,031	26,338	43,895	32,652	2,425,574
1T-3F-12.5 MVA 115/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,623,752	168,517	426,031	27,205	43,895	32,652	2,322,052
1T-3F-12.5 MVA 115/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,918,002	168,565	426,031	28,207	43,898	32,652	2,617,355
1T-3F-12.5 MVA 138/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,675,172	168,596	426,031	27,992	43,900	32,652	2,374,343
1T-3F-12.5 MVA 69/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,488,776	168,517	426,031	26,320	43,895	32,652	2,186,191
1T-3F-12.5 MVA 69/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,769,033	168,517	426,031	27,120	43,895	32,652	2,467,248
1T-3F-20 MVA 115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,675,677	168,565	426,031	28,137	43,898	32,652	2,374,960
1T-3F-20 MVA 115/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,874,525	168,565	426,031	28,967	43,898	32,652	2,574,637
1T-3F-20 MVA 138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,787,725	168,596	426,031	28,961	43,900	32,652	2,487,865
1T-3F-20 MVA 69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,532,927	168,517	426,031	26,750	43,895	32,652	2,230,772
1T-3F-20 MVA 69/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,817,965	168,517	426,031	27,912	43,895	32,652	2,516,972
1T-3F-30 MVA 115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,931,606	168,565	426,031	29,099	43,898	32,652	2,631,851
1T-3F-30 MVA 115/23 2/4 A 1.8 MVAR	2,292,629	168,565	426,031	29,912	43,898	32,652	2,993,687
1T-3F-30 MVA 138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,990,638	168,596	426,031	30,008	43,900	32,652	2,691,825
1T-3F-30 MVA 69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,449,792	168,517	426,031	27,722	43,895	32,652	2,148,608
1T-3F-30 MVA 69/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,728,304	168,565	426,031	28,870	43,898	32,652	2,428,320

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Subestaciones con arreglo en anillo en AT y barra principal metal clad en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Unid.]
1T-3F-6.25 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,462,167	155,568	489,895	24,362	47,025	26,453	2,205,470
1T-3F-6.25 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,761,309	155,568	489,895	25,211	47,025	26,453	2,505,461
1T-3F-6.25 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,531,206	155,576	489,895	25,317	47,025	26,453	2,275,472
1T-3F-6.25 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,332,057	155,556	489,895	23,678	47,024	26,453	2,074,663
1T-3F-6.25 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,618,762	155,556	489,895	24,433	47,024	26,453	2,362,123
1T-3F-9.375 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,387,546	155,568	489,895	25,467	47,025	26,453	2,131,953
1T-3F-9.375 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,682,957	155,568	489,895	26,204	47,025	26,453	2,428,102
1T-3F-9.375 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,596,500	155,576	489,895	26,462	47,025	26,453	2,341,911
1T-3F-9.375 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,313,401	155,556	489,895	24,723	47,024	26,453	2,057,053
1T-3F-9.375 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,608,812	155,556	489,895	25,460	47,024	26,453	2,353,201
1T-3F-12.5 MVA 115/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,498,400	155,568	489,895	26,113	47,025	26,453	2,243,454
1T-3F-12.5 MVA 115/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,792,252	155,568	489,895	27,086	47,025	26,453	2,538,279
1T-3F-12.5 MVA 138/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,567,439	155,576	489,895	27,180	47,025	26,453	2,313,568
1T-3F-12.5 MVA 69/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,365,455	155,556	489,895	25,398	47,024	26,453	2,109,782
1T-3F-12.5 MVA 69/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,649,705	155,556	489,895	26,242	47,024	26,453	2,394,876
1T-3F-20 MVA 115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,543,701	154,611	489,895	26,988	46,940	26,198	2,288,333
1T-3F-20 MVA 115/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,743,707	154,611	489,895	27,801	46,940	26,198	2,489,151
1T-3F-20 MVA 138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,674,925	154,618	489,895	28,104	46,940	26,198	2,420,681
1T-3F-20 MVA 69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,412,440	155,556	489,895	25,889	47,024	26,453	2,157,258
1T-3F-20 MVA 69/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,698,637	155,556	489,895	27,034	47,024	26,453	2,444,600
1T-3F-30 MVA 115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,799,630	154,611	489,895	27,950	46,940	26,198	2,545,223
1T-3F-30 MVA 115/23 2/4 A 1.8 MVAR	2,161,811	154,611	489,895	28,746	46,940	26,198	2,908,201
1T-3F-30 MVA 138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,877,838	154,618	489,895	29,151	46,940	26,198	2,624,641
1T-3F-30 MVA 69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,329,305	155,556	489,895	26,860	47,024	26,453	2,075,094
1T-3F-30 MVA 69/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,607,419	155,556	489,895	27,978	47,024	26,453	2,354,327

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Subestaciones con arreglo h en AT y barra principal metal clad en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Unid.]
1T-3F-6.25 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,294,130	122,797	351,182	20,649	34,781	23,028	1,846,567
1T-3F-6.25 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,593,272	122,797	351,182	21,498	34,781	23,028	2,146,558
1T-3F-6.25 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,355,729	122,805	351,182	21,441	34,781	23,028	1,908,966
1T-3F-6.25 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,191,081	122,786	351,182	20,150	34,780	23,028	1,743,007
1T-3F-6.25 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,477,786	122,786	351,182	20,905	34,780	23,028	2,030,467
1T-3F-9.375 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,219,508	122,797	351,182	21,754	34,781	23,028	1,773,050
1T-3F-9.375 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,514,919	122,797	351,182	22,491	34,781	23,028	2,069,199
1T-3F-9.375 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,421,022	122,805	351,182	22,586	34,781	23,028	1,975,404
1T-3F-9.375 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,172,426	122,786	351,182	21,195	34,780	23,028	1,725,397
1T-3F-9.375 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,467,837	122,786	351,182	21,933	34,780	23,028	2,021,545
1T-3F-12.5 MVA 115/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,330,363	122,797	351,182	22,400	34,781	23,028	1,884,551
1T-3F-12.5 MVA 115/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,624,215	122,797	351,182	23,373	34,781	23,028	2,179,375
1T-3F-12.5 MVA 138/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,385,152	122,205	351,182	23,134	34,722	22,773	1,939,167
1T-3F-12.5 MVA 69/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,215,955	122,786	351,182	21,895	34,780	23,028	1,769,626
1T-3F-12.5 MVA 69/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,508,729	122,786	351,182	22,715	34,780	23,028	2,063,220
1T-3F-20 MVA 115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,380,732	122,797	351,182	23,320	34,781	23,028	1,935,839
1T-3F-20 MVA 115/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,580,737	122,797	351,182	24,133	34,781	23,028	2,136,658
1T-3F-20 MVA 138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,504,515	122,805	351,182	24,273	34,781	23,028	2,060,584
1T-3F-20 MVA 69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,271,465	122,786	351,182	22,361	34,780	23,028	1,825,602
1T-3F-20 MVA 69/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,557,661	122,786	351,182	23,507	34,780	23,028	2,112,944
1T-3F-30 MVA 115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,636,660	122,797	351,182	24,282	34,781	23,028	2,192,730
1T-3F-30 MVA 115/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,998,842	122,797	351,182	25,078	34,781	23,028	2,555,707
1T-3F-30 MVA 138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,707,428	122,805	351,182	25,320	34,781	23,028	2,264,544
1T-3F-30 MVA 69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,188,330	122,786	351,182	23,333	34,780	23,028	1,743,438
1T-3F-30 MVA 69/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,466,444	122,786	351,182	24,451	34,780	23,028	2,022,671

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Subestaciones con barra principal en AT y barra principal-barra de transferencia normalizada en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Ud.]
1T-3F-6.25 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,244,356	192,058	353,135	19,042	40,457	32,896	1,881,943
1T-3F-6.25 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,392,756	193,398	353,135	20,461	40,550	32,896	2,033,197
1T-3F-6.25 MVA 115/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,461,128	193,398	353,135	20,653	40,550	32,896	2,101,761
1T-3F-6.25 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,288,088	192,088	353,135	19,722	40,459	32,896	1,926,388
1T-3F-6.25 MVA 138/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,484,217	193,428	353,135	21,215	40,553	32,896	2,125,444
1T-3F-6.25 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,135,274	192,012	353,135	18,296	40,454	32,896	1,772,067
1T-3F-6.25 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,288,183	193,352	353,135	19,775	40,547	32,896	1,927,888
1T-3F-6.25 MVA 69/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,370,485	193,398	353,135	19,823	40,550	32,896	2,010,288
1T-3F-9.375 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,169,735	192,058	353,135	20,146	40,457	32,896	1,808,427
1T-3F-9.375 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,314,404	193,398	353,135	21,455	40,550	32,896	1,955,838
1T-3F-9.375 MVA 115/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,389,807	193,398	353,135	21,650	40,550	32,896	2,031,436
1T-3F-9.375 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,353,381	192,088	353,135	20,868	40,459	32,896	1,992,827
1T-3F-9.375 MVA 138/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,549,510	193,428	353,135	22,371	40,553	32,896	2,191,893
1T-3F-9.375 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,116,619	192,012	353,135	19,341	40,454	32,896	1,754,457
1T-3F-9.375 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,278,234	193,352	353,135	20,802	40,547	32,896	1,918,966
1T-3F-9.375 MVA 69/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,345,612	193,398	353,135	21,023	40,550	32,896	1,986,614
1T-3F-12.5 MVA 115/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,280,589	192,058	353,135	20,793	40,457	32,896	1,919,928
1T-3F-12.5 MVA 115/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,423,699	193,398	353,135	22,336	40,550	32,896	2,066,015
1T-3F-12.5 MVA 115/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,422,632	193,398	353,135	22,601	40,550	32,896	2,065,212
1T-3F-12.5 MVA 138/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,324,320	192,088	353,135	21,586	40,459	32,896	1,964,484
1T-3F-12.5 MVA 138/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,445,721	193,428	353,135	23,156	40,553	32,896	2,088,888
1T-3F-12.5 MVA 69/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,171,507	192,012	353,135	20,077	40,454	32,896	1,810,080
1T-3F-12.5 MVA 69/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,319,126	193,352	353,135	21,584	40,547	32,896	1,960,641
1T-3F-12.5 MVA 69/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,331,989	193,398	353,135	21,550	40,550	32,896	1,973,518
1T-3F-20 MVA 115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,328,843	192,058	353,135	21,712	40,457	32,896	1,969,101
1T-3F-20 MVA 115/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,380,222	193,398	353,135	23,096	40,550	32,896	2,023,297
1T-3F-20 MVA 115/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,548,414	193,398	353,135	23,628	40,550	32,896	2,192,021
1T-3F-20 MVA 138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,438,990	192,088	353,135	22,555	40,459	32,896	2,080,122
1T-3F-20 MVA 138/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,608,813	193,428	353,135	24,511	40,553	32,896	2,253,336
1T-3F-20 MVA 69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,215,658	192,012	353,135	20,508	40,454	32,896	1,854,662
1T-3F-20 MVA 69/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,368,058	193,352	353,135	22,376	40,547	32,896	2,010,364
1T-3F-20 MVA 69/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,463,989	193,398	353,135	23,006	40,550	32,896	2,106,974
1T-3F-30 MVA 115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,586,080	193,270	353,135	22,692	40,542	32,896	2,228,615
1T-3F-30 MVA 115/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,798,326	193,398	353,135	24,041	40,550	32,896	2,442,347
1T-3F-30 MVA 115/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	1,756,109	193,398	353,135	24,589	40,550	32,896	2,400,678
1T-3F-30 MVA 138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,643,211	193,301	353,135	23,619	40,544	32,896	2,286,706
1T-3F-30 MVA 138/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	1,820,930	193,428	353,135	25,587	40,553	32,896	2,466,529
1T-3F-30 MVA 69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,133,832	193,224	353,135	21,496	40,538	32,896	1,775,122
1T-3F-30 MVA 69/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,276,841	193,352	353,135	23,321	40,547	32,896	1,920,091
1T-3F-30 MVA 69/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	1,355,167	193,398	353,135	23,878	40,550	32,896	1,999,024
1T-3F-30 MVA 138/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,757,156	193,428	353,135	26,241	40,553	32,896	2,403,409

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Subestaciones con barra principal-barra de transferencia el AT y barra principal-barra de transferencia normalizada en MT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Mano de obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas para puesta en marcha	Total [USD/Ud.]
1T-3F-6.25 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,456,214	229,996	389,938	22,812	46,225	40,556	2,185,742
1T-3F-6.25 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,622,287	231,337	389,938	24,397	46,319	40,556	2,354,834
1T-3F-6.25 MVA 115/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,690,587	231,337	389,938	24,591	46,319	40,556	2,423,328
1T-3F-6.25 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,506,078	230,027	389,938	23,475	46,227	40,556	2,236,301
1T-3F-6.25 MVA 138/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,715,577	231,367	389,938	25,135	46,321	40,556	2,448,894
1T-3F-6.25 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,319,682	229,949	389,938	21,885	46,222	40,556	2,048,232
1T-3F-6.25 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,473,318	231,289	389,938	23,376	46,316	40,556	2,204,793
1T-3F-6.25 MVA 69/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,554,055	231,289	389,938	23,413	46,316	40,556	2,285,567
1T-3F-9.375 MVA 115/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,381,593	229,996	389,938	23,917	46,225	40,556	2,112,226
1T-3F-9.375 MVA 115/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,543,935	231,337	389,938	25,391	46,319	40,556	2,277,475
1T-3F-9.375 MVA 115/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,619,266	231,337	389,938	25,588	46,319	40,556	2,353,004
1T-3F-9.375 MVA 138/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,571,371	230,027	389,938	24,620	46,227	40,556	2,302,740
1T-3F-9.375 MVA 138/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,780,871	231,367	389,938	26,290	46,321	40,556	2,515,344
1T-3F-9.375 MVA 69/13.8 2/4 A 0.6 MVAR	1,301,027	229,949	389,938	22,930	46,222	40,556	2,030,621
1T-3F-9.375 MVA 69/23 2/4 A 0.6 MVAR	1,463,369	231,289	389,938	24,404	46,316	40,556	2,195,871
1T-3F-9.375 MVA 69/34.5 2/4 A 0.6 MVAR	1,529,182	231,289	389,938	24,613	46,316	40,556	2,261,893
1T-3F-12.5 MVA 115/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,492,447	229,996	389,938	24,563	46,225	40,556	2,223,727
1T-3F-12.5 MVA 115/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,653,230	231,337	389,938	26,272	46,319	40,556	2,387,652
1T-3F-12.5 MVA 115/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,652,091	231,337	389,938	26,538	46,319	40,556	2,386,779
1T-3F-12.5 MVA 138/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,542,311	230,027	389,938	25,338	46,227	40,556	2,274,397
1T-3F-12.5 MVA 138/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,677,081	231,367	389,938	27,075	46,321	40,556	2,412,339
1T-3F-12.5 MVA 69/13.8 2/4 A 0.9 MVAR	1,355,915	229,949	389,938	23,665	46,222	40,556	2,086,245
1T-3F-12.5 MVA 69/23 2/4 A 0.9 MVAR	1,504,261	231,289	389,938	25,186	46,316	40,556	2,237,545
1T-3F-12.5 MVA 69/34.5 2/4 A 0.9 MVAR	1,515,559	231,289	389,938	25,140	46,316	40,556	2,248,798
1T-3F-20 MVA 115/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,557,647	229,996	389,938	25,635	46,225	40,556	2,289,998
1T-3F-20 MVA 115/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,609,753	231,337	389,938	27,032	46,319	40,556	2,344,935
1T-3F-20 MVA 115/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,777,873	231,337	389,938	27,566	46,319	40,556	2,513,588
1T-3F-20 MVA 138/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,669,694	230,027	389,938	26,459	46,227	40,556	2,402,903
1T-3F-20 MVA 138/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,840,173	231,367	389,938	28,431	46,321	40,556	2,576,786
1T-3F-20 MVA 69/13.8 2/4 A 1.2 MVAR	1,414,896	229,949	389,938	24,248	46,222	40,556	2,145,809
1T-3F-20 MVA 69/23 2/4 A 1.2 MVAR	1,553,193	231,289	389,938	25,978	46,316	40,556	2,287,269
1T-3F-20 MVA 69/34.5 2/4 A 1.2 MVAR	1,647,559	231,289	389,938	26,596	46,316	40,556	2,382,254
1T-3F-30 MVA 115/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,815,315	231,209	389,938	26,618	46,310	40,556	2,549,946
1T-3F-30 MVA 115/23 2/4 A 1.8 MVAR	2,027,857	231,337	389,938	27,977	46,319	40,556	2,763,984
1T-3F-30 MVA 115/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	1,985,568	231,337	389,938	28,527	46,319	40,556	2,722,245
1T-3F-30 MVA 138/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,874,347	231,240	389,938	27,527	46,312	40,556	2,609,920
1T-3F-30 MVA 138/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	2,052,290	231,367	389,938	29,507	46,321	40,556	2,789,979
1T-3F-30 MVA 69/13.8 2/4 A 1.8 MVAR	1,333,501	231,161	389,938	25,241	46,307	40,556	2,066,703
1T-3F-30 MVA 69/23 2/4 A 1.8 MVAR	1,461,976	231,289	389,938	26,922	46,316	40,556	2,196,996
1T-3F-30 MVA 69/34.5 2/4 A 1.8 MVAR	1,538,736	231,289	389,938	27,468	46,316	40,556	2,274,303

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 19 Costos unitarios de líneas de MT por tipo constructivo

Líneas de MT Aérea s/Contaminación - Zonas Urbanas y Rurales

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Zona	Materiales	Mano de obra	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Total [USD/km]
1C-1F-2H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	6,245	2,296	131	125	8,796
1C-1F-2H-13 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	6,661	2,349	131	125	9,266
1C-1F-2H-13 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	7,673	2,349	131	125	10,279
1C-1F-2H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	6,401	2,296	131	125	8,953
1C-1F-2H-23 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	6,817	2,349	131	125	9,422
1C-1F-2H-23 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	7,829	2,349	131	125	10,435
1C-1F-2H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	6,510	2,296	131	125	9,062
1C-1F-2H-33 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	6,927	2,349	131	125	9,532
1C-1F-2H-33 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	7,939	2,349	131	125	10,545
1C-2F-3H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,372	2,661	131	125	10,289
1C-2F-2H 13 KV 1/0 AWG ACSR	Rural	6,111	2,406	134	129	8,779
1C-2F-2H 13 KV 3/0 AWG ACSR	Rural	6,944	2,513	134	129	9,719
1C-2F-3H-13 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	8,205	2,768	131	125	11,229
1C-2F-3H-13 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	10,230	2,768	131	125	13,254
1C-2F-3H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,619	2,634	131	125	10,509
1C-2F-3H-23 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	8,452	2,741	131	125	11,449
1C-2F-3H-23 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	10,477	2,741	131	125	13,474
1C-2F-3H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,735	2,634	131	125	10,625
1C-2F-3H-33 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	8,568	2,741	131	125	11,565
1C-2F-3H-33 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	10,593	2,741	131	125	13,590
1C-3F-3H-13 KV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,370	2,728	134	129	10,360
1C-3F-4H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	8,492	3,000	134	129	11,754
1C-3F-4H-13 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	9,741	3,160	134	129	13,163
1C-3F-3H-13 KV-3/0-AWG-ACSR	Rural	8,619	2,888	134	129	11,769
1C-3F-4H-13 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	12,778	3,160	134	129	16,201
1C-3F-3H-13 KV-266.8-AWG-ACSR	Rural	11,656	2,888	134	129	14,807
1C-3F-3H-13 KV-477-AWG-ACSR	Rural	15,144	2,888	134	129	18,295
1C-3F-4H-13 KV-477-AWG-ACSR	Rural	16,266	3,160	134	129	19,688
1C-3F-4H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	8,943	3,000	134	129	12,205
1C-3F-3H-23 KV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,764	2,728	134	129	10,754
1C-3F-3H-23 KV-3/0-AWG-ACSR	Rural	9,012	2,888	134	129	12,163
1C-3F-4H-23 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	10,191	3,160	134	129	13,614
1C-3F-3H-23 KV-266.8-AWG-ACSR	Rural	12,050	2,888	134	129	15,201
1C-3F-4H-23 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	13,229	3,160	134	129	16,651
1C-3F-4H-23 kV-477-AWG-ACSR	Rural	16,717	3,160	134	129	20,139
1C-3F-3H-23 KV-477-AWG-ACSR	Rural	15,538	2,888	134	129	18,688
1C-3F-3H-33 KV-1/0-AWG-ACSR	Rural	7,967	2,728	134	129	10,957
1C-3F-4H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Rural	9,081	3,000	134	129	12,343
1C-3F-3H-33 KV-3/0-AWG-ACSR	Rural	9,215	2,888	134	129	12,366
1C-3F-4H-33 kV-3/0-AWG-ACSR	Rural	10,330	3,160	134	129	13,752
1C-3F-3H-33 KV-226.8-AWG-ACSR	Rural	12,253	2,888	134	129	15,403
1C-3F-4H-33 kV-266.8-AWG-ACSR	Rural	13,367	3,160	134	129	16,790
1C-3F-3H-33 KV-477-AWG-ACSR	Rural	15,741	2,888	134	129	18,891
1C-3F-4H-33 kV-477-AWG-ACSR	Rural	16,855	3,160	134	129	20,277
1C-1F-2H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	10,239	3,081	238	219	13,778
1C-1F-2H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	10,543	3,081	238	219	14,082
1C-1F-2H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	10,736	3,081	238	219	14,274
1C-2F-2H 13 KV 1/0 AWG ACSR	Urbana	11,002	3,522	238	240	15,001
1C-2F-3H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	12,206	3,517	238	219	16,180
1C-2F-2H 13 KV 3/0 AWG ACSR	Urbana	11,834	3,629	238	240	15,941
1C-2F-3H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	12,783	3,419	238	219	16,660
1C-2F-3H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	13,048	3,419	238	219	16,924
1C-3F-3H-13 KV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	12,652	3,304	238	177	16,372
1C-3F-4H-13 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	13,983	3,650	238	219	18,090
1C-3F-3H-13 KV-3/0-AWG-ACSR	Urbana	13,901	3,465	238	177	17,781
1C-3F-3H-13 KV-266.8-AWG-ACSR	Urbana	16,938	3,465	238	177	20,819
1C-3F-3H-13 KV-477-AWG-ACSR	Urbana	20,426	3,465	238	177	24,306
1C-3F-4H-23 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	14,822	3,650	238	219	18,929
1C-3F-3H-23 KV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	13,490	3,496	238	219	17,444
1C-3F-3H-23 KV-3/0-AWG-ACSR	Urbana	14,739	3,657	238	219	18,853
1C-3F-3H-23 KV-266.8-AWG-ACSR	Urbana	17,777	3,657	238	219	21,891
1C-3F-3H-23 KV-477-AWG-ACSR	Urbana	21,264	3,657	238	219	25,378
1C-3F-4H-33 kV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	15,292	3,650	238	219	19,399
1C-3F-3H-33 KV-1/0-AWG-ACSR	Urbana	13,911	3,578	238	219	17,946
1C-3F-3H-33 KV-3/0-AWG-ACSR	Urbana	15,160	3,738	238	219	19,355
1C-3F-3H-33 KV-226.8-AWG-ACSR	Urbana	18,197	3,738	238	219	22,393
1C-3F-3H-33 KV-477-AWG-ACSR	Urbana	21,685	3,738	238	219	25,881

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Líneas de MT Aérea c/Contaminación - Zonas Urbanas y Rurales

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Zona	Materiales	Mano de obra	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Total [USD/km]
1C-2F-3H-13 kV-1/0-2-AWG-CU	Rural	12,719	2,661	131	125	15,636
1C-2F-2H 13 KV 1/0 AWG Cu	Rural	10,216	2,406	134	129	12,884
1C-2F-3H-13 kV-3/0-1/0-AWG-CU	Rural	17,224	2,768	131	125	20,248
1C-2F-3H-13 kV-2-AWG-CU	Rural	11,099	2,661	131	125	14,016
1C-2F-2H 13 KV 2 AWG Cu	Rural	8,596	2,406	134	129	11,264
1C-3F-4H-13 kV-1/0-2-AWG-CU	Rural	15,891	3,000	134	129	19,153
1C-3F-4H-13 kV-3/0-1/0-AWG-CU	Rural	22,243	3,160	134	129	25,666
1C-3F-4H-13 kV-2-AWG-CU	Rural	13,461	3,000	134	129	16,723
1C-2F-2H 13 KV 1/0 AWG Cu	Urbana	11,834	3,629	238	240	15,941
1C-2F-3H-13 kV-1/0-2-AWG-CU	Urbana	17,552	3,517	238	219	21,527
1C-2F-3H-13 kV-3/0-1/0-AWG-CU	Urbana	22,057	3,624	238	219	26,139
1C-2F-2H 13 KV 2 AWG Cu	Urbana	13,486	3,522	238	240	17,486
1C-2F-3H-13 kV-250-1/0-AWG-CU	Urbana	27,026	3,624	238	219	31,107
1C-3F-3H 13 KV 1/0 AWG Cu	Urbana	18,809	3,304	238	177	22,529
1C-3F-4H-13 kV-1/0-2-AWG-CU	Urbana	21,382	3,650	238	219	25,489
1C-3F-4H-13 kV-3/0-1/0-AWG-CU	Urbana	27,735	3,810	238	219	32,002
1C-3F-3H 13 KV 3/0 AWG Cu	Urbana	24,351	3,465	238	177	28,232
1C-3F-4H-13 kV-250-1/0-AWG-CU	Urbana	35,187	3,810	238	219	39,455
1C-3F-3H 13 KV 250 AWG Cu	Urbana	31,804	3,465	238	177	35,684
1C-3F-3H 23 KV 1/0 AWG Cu	Urbana	19,647	3,496	238	219	23,601
1C-3F-3H 23 KV 3/0 AWG Cu	Urbana	25,190	3,657	238	219	29,304
1C-3F-3H 23 KV 250 AWG Cu	Urbana	32,642	3,657	238	219	36,756
1C-3F-3H 33 KV 1/0 AWG Cu	Urbana	20,067	3,578	238	219	24,103
1C-3F-3H 33 KV 3/0 AWG Cu	Urbana	25,610	3,738	238	219	29,806
1C-3F-3H 33 KV 250 AWG Cu	Urbana	33,063	3,738	238	219	37,258
1C-3F-3H 13 KV 1/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	16,991	3,465	238	177	20,872
1C-3F-4H-13 kV-3/0-AWG-SA-AAC	Semiaislado	21,065	3,810	238	219	25,332
1C-3F-4H-13 kV-3/0-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	21,065	3,810	238	219	25,332
1C-3F-3H 13 KV 3/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	19,734	3,465	238	177	23,614
1C-3F-3H 13 KV 266 AWG SA-AAC	Semiaislado	22,985	3,266	263	200	26,714
1C-3F-4H-13 kV-266.8-AWG-SA-AAC	Semiaislado	23,024	3,810	238	219	27,291
1C-3F-4H-13 kV-266.8-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	27,972	3,810	238	219	32,239
1C-3F-4H-13 kV-336.4-AWG-SA-AAC	Semiaislado	24,983	3,810	238	219	29,250
1C-3F-4H-13 kV-336.4-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	29,147	3,810	238	219	33,414
1C-3F-3H 13 KV 336 AWG SA-AAC	Semiaislado	28,525	3,266	263	200	32,253
1C-3F-3H 23 KV 1/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	22,139	3,657	238	219	26,253
1C-3F-3H 23 KV 3/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	22,531	3,657	238	219	26,645
1C-3F-4H-23 kV-3/0-AWG-SA-AAC	Semiaislado	23,862	3,810	238	219	28,129
1C-3F-4H-23 kV-3/0-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	23,862	3,810	238	219	28,129
1C-3F-3H 23 KV 266 AWG SA-AAC	Semiaislado	24,881	3,657	238	219	28,995
1C-3F-4H-23 kV-266.8-AWG-SA-AAC	Semiaislado	26,213	3,810	238	219	30,480
1C-3F-4H-23 kV-266.8-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	29,739	3,810	238	219	34,006
1C-3F-3H 23 KV 336 AWG SA-AAC	Semiaislado	29,363	3,657	238	219	33,477
1C-3F-4H-23 kV-336.4-AWG-SA-AAC	Semiaislado	30,694	3,810	238	219	34,962
1C-3F-4H-23 kV-336.4-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	30,694	3,810	238	219	34,962
1C-3F-3H 33 KV 1/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	25,694	3,738	238	219	29,889
1C-3F-3H 33 KV 3/0 AWG SA-AAC	Semiaislado	24,910	3,738	238	219	29,106
1C-3F-4H-33 kV-3/0-AWG-SA-AAC	Semiaislado	26,291	3,810	238	219	30,558
1C-3F-4H-33 kV-3/0-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	26,291	3,810	238	219	30,558
1C-3F-4H-33 kV-266.8-AWG-SA-AAC	Semiaislado	27,705	3,810	238	219	31,973
1C-3F-4H-33 kV-266.8-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	31,039	3,810	238	219	35,306
1C-3F-3H 33 KV 266 AWG SA-AAC	Semiaislado	26,324	3,738	238	219	30,520
1C-3F-3H 33 KV 336 AWG SA-AAC	Semiaislado	26,869	3,738	238	219	31,065
1C-3F-4H-33 kV-336.4-AWG-SA-ACSR	Semiaislado	33,343	3,810	238	219	37,610
1C-3F-4H-33 kV-366.4-AWG-SA-AAC	Semiaislado	28,250	3,810	238	219	32,517

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Líneas Subterráneas de MT - No urbanizado

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Zona	Materiales	Mano de obra	Obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Puesta en marcha	Total [USD/km]
1C-1F-2H-13 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	8,966	2,001	10,000	386	599	260	22,212
1C-1F-2H-13 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	10,991	2,526	10,000	433	683	287	24,922
1C-1F-2H-23 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	11,688	2,001	10,000	386	599	260	24,934
1C-1F-2H-23 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	13,655	2,526	10,000	433	683	287	27,586
1C-1F-2H-33 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	13,363	2,001	10,000	386	599	260	26,610
1C-1F-2H-33 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	17,139	2,526	10,000	433	683	287	31,069
1C-3F-4H-13 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	22,951	5,457	13,767	991	1,484	612	45,261
1C-3F-4H-13 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	27,496	6,744	13,767	1,038	1,569	639	51,253
1C-3F-4H-13 kV-500 KCM-AL-XLP	No urbanizado	53,684	7,164	14,983	1,113	1,704	681	79,329
1C-3F-4H-23 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	31,117	5,457	13,767	991	1,484	612	53,427
1C-3F-4H-23 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	35,489	6,744	13,767	1,038	1,569	639	59,245
1C-3F-4H-23 kV-500 KCM-AL-XLP	No urbanizado	65,175	8,039	14,983	1,113	1,704	681	91,696
1C-3F-4H-33 kV-1/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	36,144	5,457	13,767	991	1,484	612	58,454
1C-3F-4H-33 kV-3/0 AWG-AL-XLP	No urbanizado	45,938	6,744	13,767	1,038	1,569	639	69,695
1C-3F-4H-33 kV-500 KCM-AL-XLP	No urbanizado	79,667	8,039	14,983	1,113	1,704	681	106,187

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Líneas Subterráneas de MT - Urbanas

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Zona	Materiales	Mano de obra	Obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Puesta en marcha	Total [USD/km]
1C-1F-2H-13 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	8,966	2,001	53,668	386	599	260	65,880
1C-1F-2H-13 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	10,991	2,526	53,668	433	683	287	68,589
1C-1F-2H-23 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	11,688	2,001	53,668	386	599	260	68,602
1C-1F-2H-23 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	13,655	2,526	53,668	433	683	287	71,253
1C-1F-2H-33 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	13,363	2,001	53,668	386	599	260	70,278
1C-1F-2H-33 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	17,139	2,526	53,668	433	683	287	74,737
1C-3F-4H-13 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	22,951	5,457	76,012	991	1,484	612	107,506
1C-3F-4H-13 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	27,496	6,744	76,012	1,038	1,569	639	113,498
1C-3F-4H-13 kV-500 AWG-AL-XLP	Urbana	53,684	7,164	77,228	1,113	1,704	681	141,574
1C-3F-4H-23 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	31,117	5,457	76,012	991	1,484	612	115,672
1C-3F-4H-23 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	35,489	6,744	76,012	1,038	1,569	639	121,490
1C-3F-4H-23 kV-500 AWG-AL-XLP	Urbana	65,175	8,039	77,228	1,113	1,704	681	153,941
1C-3F-4H-33 kV-1/0 AWG-AL-XLP	Urbana	36,144	5,457	76,012	991	1,484	612	120,699
1C-3F-4H-33 kV-3/0 AWG-AL-XLP	Urbana	45,938	6,744	76,012	1,038	1,569	639	131,940
1C-3F-4H-33 kV-500 AWG-AL-XLP	Urbana	79,667	8,039	77,228	1,113	1,704	681	168,432

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 20 Costos unitarios de equipos de MT por tipo

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Unidad	Materiales [USD/Ud.]
Restaurador MT	Ud.	23,230
Interruptor aire MT	Ud.	18,048
Interruptor SF6 MT	Ud.	40,538
Cuchillas Seccionadoras MT	Ud.	424
Cortacircuito fusible MT	Ud.	87
Seccionalizador MT	Ud.	5,894
Apartarrayos MT	Ud.	721
Restaurador fusible MT	Ud.	3,774

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 21 Costos unitarios de transformadores MT/BT por tipo constructivo

Transformadores aéreos tipo poste (1boquilla)

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales y equipos	Mano de obra	Diseño del proyecto	Pruebas	Conexión	Superv.	Total [USD/Ud.]
1T-1F- 5 kVA-13200YT/7620-120/240 V	852	110	20	20	11	12	1,025
1T-1F-10 kVA-13200YT/7620-120/240 V	1,067	110	20	20	11	12	1,240
1T-1F-15 kVA-13200YT/7620-120/240 V	1,220	110	20	20	11	12	1,393
1T-1F-25 kVA-13200YT/7620-120/240 V	1,295	110	20	20	11	12	1,468
1T-1F-37.5 kVA-13200YT/7620-120/240 V	1,508	110	20	20	11	12	1,681
1T-1F-50 kVA-13200YT/7620-120/240 V	2,534	110	20	20	11	12	2,707
1T-1F-75 kVA-13200YT/7620-120/240 V	3,818	110	20	20	11	12	3,991
1T-1F- 5 kVA-22860YT/13200-120/240 V	1,959	110	20	20	11	12	2,132
1T-1F-10 kVA-22860YT/13200-120/240 V	1,368	110	20	20	11	12	1,541
1T-1F-15 kVA-22860YT/13200-120/240 V	1,598	110	20	20	11	12	1,771
1T-1F-25 kVA-22860YT/13200-120/240 V	2,280	110	20	20	11	12	2,453
1T-1F-37.5 kVA-22860YT/13200-120/240 V	2,462	110	20	20	11	12	2,635
1T-1F-50 kVA-22860YT/13200-120/240 V	3,277	110	20	20	11	12	3,450
1T-1F-75 kVA-22860YT/13200-120/240 V	4,272	110	20	20	11	12	4,445
1T-1F- 5 kVA-33000YT/19050-120/240 V	1,859	110	20	20	11	12	2,032
1T-1F-10 kVA-33000YT/19050-120/240 V	1,822	110	20	20	11	12	1,995
1T-1F-15 kVA-33000YT/19050-120/240 V	2,129	110	20	20	11	12	2,302
1T-1F-25 kVA-33000YT/19050-120/240 V	2,488	110	20	20	11	12	2,661
1T-1F-37.5 kVA-33000YT/19050-120/240 V	3,313	110	20	20	11	12	3,486
1T-1F-50 kVA-33000YT/19050-120/240 V	3,732	110	20	20	11	12	3,905
1T-1F-75 kVA-33000YT/190750-120/240 V	4,727	110	20	20	11	12	4,900

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Transformadores aéreos tipo poste (2 boquillas)

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales y equipos	Mano de obra	Diseño del proyecto	Pruebas	Conexión	Superv.	Total [USD/Ud.]
1T-1F- 5 kVA-13200-120/240 V	977	134	20	20	11	12	1,174
1T-1F-10 kVA-13200-120/240 V	1,220	134	20	20	11	12	1,417
1T-1F-15 kVA-13200-120/240 V	1,447	134	20	20	11	12	1,644
1T-1F-25 kVA-13200-120/240 V	1,583	134	20	20	11	12	1,780
1T-1F-37.5 kVA-13200-120/240 V	1,654	134	20	20	11	12	1,850
1T-1F-50 kVA-13200-120/240 V	1,838	134	20	20	11	12	2,035
1T-1F-75 kVA-13200-120/240 V	3,182	134	20	20	11	12	3,379
1T-1F- 5 kVA-23000-120/240 V	1,428	134	20	20	11	12	1,625
1T-1F-10 kVA-23000-120/240 V	2,002	134	20	20	11	12	2,199
1T-1F-15 kVA-23000-120/240 V	2,135	134	20	20	11	12	2,332
1T-1F-25 kVA-23000-120/240 V	2,516	134	20	20	11	12	2,713
1T-1F-37.5 kVA-23000-120/240 V	3,223	134	20	20	11	12	3,420
1T-1F-50 kVA-23000-120/240 V	3,367	134	20	20	11	12	3,564
1T-1F-75 kVA-23000-120/240 V	4,503	134	20	20	11	12	4,700
1T-1F- 5 kVA-33000-120/240 V	2,054	134	20	20	11	12	2,251
1T-1F-10 kVA-33000-120/240 V	2,215	134	20	20	11	12	2,412
1T-1F-15 kVA-33000-120/240 V	2,741	134	20	20	11	12	2,938
1T-1F-25 kVA-33000-120/240 V	2,981	134	20	20	11	12	3,178
1T-1F-37.5 kVA-33000-120/240 V	3,987	134	20	20	11	12	4,184
1T-1F-50 kVA-33000-120/240 V	4,449	134	20	20	11	12	4,646
1T-1F-75 kVA-33000-120/240 V	4,791	139	20	20	11	12	4,992
1T-3F-15 kVA-13200-220Y/127 V	2,490	163	20	20	11	12	2,715
1T-3F-30 kVA-13200-220Y/127 V	3,211	163	20	20	11	12	3,437
1T-3F-45 kVA-13200-220Y/127 V	3,849	163	20	20	11	12	4,075
1T-3F-75 kVA-13200-220Y/127 V	4,318	163	20	20	11	12	4,543
1T-3F-112.5 kVA-13200-220Y/127 V	5,160	163	20	20	11	12	5,386
1T-3F-15 kVA-23000-220Y/127 V	3,687	163	20	20	11	12	3,912
1T-3F-30 kVA-23000-220Y/127 V	4,506	163	20	20	11	12	4,731
1T-3F-45 kVA-23000-220Y/127 V	4,528	163	20	20	11	12	4,754
1T-3F-75 kVA-23000-220Y/127 V	4,570	163	20	20	11	12	4,795
1T-3F-112.5 kVA-23000-220Y/127 V	7,349	163	20	20	11	12	7,575
1T-3F-15 kVA-33000-220Y/127 V	4,556	163	20	20	11	12	4,782
1T-3F-30 kVA-33000-220Y/127 V	5,290	163	20	20	11	12	5,516
1T-3F-45 kVA-33000-220Y/127 V	5,344	163	20	20	11	12	5,570
1T-3F-75 kVA-33000-220Y/127 V	8,442	163	20	20	11	12	8,668
1T-3F-112.5 kVA-33000-220Y/127 V	12,929	163	20	20	11	12	13,155

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Transformadores aéreos tipo poste (autoprotectidos)

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales y equipos	Mano de obra	Diseño del proyecto	Pruebas	Conexión	Superv.	Total [USD/Ud.]
1T-DA-1F- 5 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	1,327	86	20	20	11	12	1,476
1T-DA-1F-10 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	1,491	86	20	20	11	12	1,641
1T-DA-1F-15 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	1,516	86	20	20	11	12	1,665
1T-DA-1F-25 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	2,021	86	20	20	11	12	2,170
1T-DA-1F-37.5 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	2,582	86	20	20	11	12	2,731
1T-DA-1F-50 kVA-13200YT/7620-120/240 (AUTOPROT)	2,786	86	20	20	11	12	2,935
1T-DA-1F- 5 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	1,164	86	20	20	11	12	1,313
1T-DA-1F-10 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	2,072	86	20	20	11	12	2,222
1T-DA-1F-15 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	2,174	86	20	20	11	12	2,323
1T-DA-1F-25 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	2,193	86	20	20	11	12	2,342
1T-DA-1F-37.5 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	2,914	86	20	20	11	12	3,063
1T-DA-1F-50 kVA-22860YT/13200-120/240 (AUTOPROT)	3,037	86	20	20	11	12	3,187
1T-DA-1F- 5 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	1,561	86	20	20	11	12	1,710
1T-DA-1F-10 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	2,073	86	20	20	11	12	2,222
1T-DA-1F-15 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	2,114	86	20	20	11	12	2,263
1T-DA-1F-25 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	2,375	86	20	20	11	12	2,524
1T-DA-1F-37.5 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	2,923	86	20	20	11	12	3,073
1T-DA-1F-50 kVA-33000YT/19050-120/240 (AUTOPROT)	3,250	86	20	20	11	12	3,399

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Transformadores tipo pedestal (a nivel)

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales y equipos	Mano de obra	Obra civil	Diseño del proyecto	Pruebas	Conexión	Superv.	Total [USD/Ud.]
1T-DRS1-25 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	4,725	429	309	48	72	48	84	5,716
1T-DRS1-37.5 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	5,340	429	309	48	72	48	84	6,331
1T-DRS1-50 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	5,650	429	309	48	72	48	84	6,641
1T-DRS1-75 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	5,968	429	309	48	72	48	84	6,959
1T-DRS1-100 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	6,171	429	309	48	72	48	84	7,162
1T-DRS1-25 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	5,513	429	309	48	72	48	84	6,504
1T-DRS1-37.5 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	6,191	429	309	48	72	48	84	7,182
1T-DRS1-50 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	6,547	429	309	48	72	48	84	7,538
1T-DRS1-75 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	7,004	429	309	48	72	48	84	7,995
1T-DRS1-100 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	6,262	429	309	48	72	48	84	7,253
1T-D1SP-25 kVA-33000/19050-240/120 (PEDESTAL)	5,347	429	309	48	72	48	84	6,338
1T-D1SP-37.5 kVA-33000/19050-240/120 (PEDESTAL)	5,961	429	309	48	72	48	84	6,952
1T-D1SP-50 kVA-33000/19050-240/120 (PEDESTAL)	6,271	429	309	48	72	48	84	7,262
1T-D1SP-75 kVA-33000/19050-240/120 (PEDESTAL)	6,590	429	309	48	72	48	84	7,581
1T-D1SP-100 kVA-33000/19050-240/120 (PEDESTAL)	6,792	429	309	48	72	48	84	7,783
1T-DRS3-75 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	9,863	805	396	99	144	62	173	11,541
1T-DRS3-112.5 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	10,627	805	396	99	144	62	173	12,305
1T-DRS3-150 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	13,643	805	396	99	144	62	173	15,321
1T-DRS3-225 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	15,228	805	396	128	144	62	217	16,980
1T-DCS3-300 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	19,834	805	396	128	144	91	217	21,614
1T-DCS3-500 kVA-13200/7620 (PEDESTAL)	24,684	805	396	128	144	91	217	26,465
1T-DRS3-75 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	10,938	805	396	99	144	91	173	12,646
1T-DRS3-112.5 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	11,660	805	396	99	144	62	173	13,338
1T-DRS3-150 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	13,916	805	396	99	144	62	173	15,594
1T-DRS3-225 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	16,402	805	396	128	144	62	217	18,153
1T-DCS3-300 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	19,435	805	396	128	144	91	217	21,216
1T-DCS3-500 kVA-22860/13200 (PEDESTAL)	24,286	805	396	128	144	91	217	26,067
1T-DRS3-75 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	12,211	805	396	99	144	62	173	13,889
1T-DRS3-112.5 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	12,974	805	396	99	144	62	173	14,652
1T-DRS3-150 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	15,990	805	396	99	144	62	173	17,668
1T-DRS3-225 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	17,576	805	396	128	144	62	217	19,327
1T-DCS3-300 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	20,998	805	396	128	144	91	217	22,779
1T-DCS3-500 kVA-34500/19920 (PEDESTAL)	25,848	805	396	128	144	91	217	27,629

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Transformadores tipo sumergible (cámara)

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales y equipos	Mano de obra	Obra civil	Diseño del proyecto	Pruebas	Conexión	Superv.	Total [USD/Ud.]
1T-D1S-25 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	5,016	455	981	54	81	48	97	6,732
1T-D1S-37.5 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	4,827	455	981	54	81	48	97	6,543
1T-D1S-50 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	5,343	455	981	54	81	48	97	7,059
1T-D1S-75 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	5,370	455	981	54	81	48	97	7,087
1T-D1S-100 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	7,676	455	981	54	81	48	97	9,392
1T-D1SS-100 kVA-13200/7620-240/120 (SUMERGIBLE)	7,676	455	981	54	81	48	97	9,392
1T-D1S-25 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	5,797	455	981	54	81	48	97	7,514
1T-D1S-37.5 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	6,288	455	981	54	81	48	97	8,005
1T-D1S-50 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	6,755	455	981	54	81	48	97	8,471
1T-D1S-75 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	6,914	455	981	54	81	48	97	8,631
1T-D1S-100 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	8,442	150	2,169	29	53	24	28	10,895
1T-D1SS-100 kVA-22860/13200-240/120 (SUMERGIBLE)	7,767	455	981	54	81	48	97	9,484
1T-D1SS-25 kVA-33000/19050-240/120 (SUMERGIBLE)	5,016	455	981	54	81	48	97	6,732
1T-D1SS-37.5 kVA-33000/19050-240/120 (SUMERGIBLE)	4,827	455	981	54	81	48	97	6,543
1T-D1SS-50 kVA-33000/19050-240/120 (SUMERGIBLE)	5,343	455	981	54	81	48	97	7,059
1T-D1SS-75 kVA-33000/19050-240/120 (SUMERGIBLE)	5,370	455	981	54	81	48	97	7,087
1T-D1SS-100 kVA-33000/19050-240/120 (SUMERGIBLE)	7,676	455	981	54	81	48	97	9,392
1T-D3RSS-150 kVA-13200/7620-220Y/127 (SUMERGIBLE)	14,066	883	5,542	114	171	62	212	21,049
1T-D3RSS-75 kVA-13200/7620-220Y/127 (SUMERGIBLE)	10,287	883	5,542	114	171	62	212	17,270
1T-D3RSS-112.5 kVA-13200/7620-220Y/127 (SUMERGIBLE)	11,050	883	5,542	114	171	62	212	18,033
1T-D3RSS-225 kVA-13200/7620-220Y/127 (SUMERGIBLE)	15,652	883	5,542	144	171	62	256	22,708
1T-DCSS3-300 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	18,018	883	5,542	144	171	99	256	25,112
1T-DCSS3-500 kVA-13200/7620 (SUMERGIBLE)	22,620	883	5,542	144	171	99	256	29,926
1T-D3RSS-150 kVA-22860/13200-220Y/127 (SUMERGIBLE)	14,340	883	5,542	114	171	62	212	21,323
1T-D3RSS-75 kVA-22860/13200-220Y/127 (SUMERGIBLE)	10,560	883	5,542	114	171	62	212	17,543
1T-D3RSS-112.5 kVA-22860/13200-220Y/127 (SUMERGIBLE)	11,324	883	5,542	114	171	62	212	18,307
1T-D3RSS-225 kVA-22860/13200-220Y/127 (SUMERGIBLE)	15,925	883	5,542	144	171	62	256	22,982
1T-DCSS3-300 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	20,518	883	5,542	144	171	99	256	27,612
1T-DCSS3-500 kVA-22860/13200 (SUMERGIBLE)	25,754	883	5,542	144	171	99	256	33,060
1T-D3RSS-150 kVA-33000/19050-220Y/127 (SUMERGIBLE)	16,414	883	5,542	114	171	62	212	23,397
1T-D3RSS-75 kVA-33000/19050-220Y/127 (SUMERGIBLE)	12,634	883	5,542	114	171	62	212	19,617
1T-D3RSS-112.5 kVA-33000/19050-220Y/127 (SUMERGIBLE)	13,398	883	5,542	114	171	62	212	20,381
1T-D3RS-225 kVA-33000/19050-220Y/127 (SUMERGIBLE)	17,999	883	5,542	144	171	62	256	25,056
1T-DCSS3-300 kVA-34500/19920 (SUMERGIBLE)	21,421	883	5,542	144	171	91	256	28,507
1T-DCSS3-500 kVA-34500/19920 (SUMERGIBLE)	26,271	883	5,754	144	171	99	256	33,577

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 22 Costos unitarios de la red de BT por tipo constructivo

Líneas de BT Aérea

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Total [USD/300m]
120V-1C-50MCL-0.30Km-2F-3H-ACSR 1/0-2PC	2,304	801	79	73	3,257
120V-1C-50MCL-0.30Km-AL-ACSR (2+1)1/0-2C-PC	2,246	869	79	73	3,268
120V-1C-50MCL-0.30Km-AL-ACSR (2+1)3/0-1/0C-PC	2,610	936	79	73	3,698
120V-1C-50MCL-0.30km-2F-3H-ACSR 3/0-1/0-PC	2,554	833	79	73	3,539
120V-1C-50MCL-0.30km-2F-3H-ACSR 266-1/0-PC	3,161	833	79	73	4,147
120V-1C-50MCL-0.30Km-COBRE(2+1)1/0-2C-PC	5,192	869	79	73	6,214
120V-1C-50MCL-0.30km-2F-3H-Cu-1/0-2-PC	3,908	801	79	73	4,861
120V-1C-50MCL-0.30km-2F-3H-Cu-3/0-1/0-PC	5,260	833	79	73	6,245
220V-1C-50MCL-0.30Km-3F-4H-ACSR 1/0-PC	2,605	886	79	73	3,643
220V-1C-50MCL-0.30Km-AL-ACSR (3+1)1/0-2C-PC	2,497	869	79	73	3,519
220V-1C-50MCL-0.30Km-AL-ACSR (3+1)3/0-1/0C-PC	2,945	936	79	73	4,033
220V-1C-50MCL-0.30km-3F-4H-ACSR 3/0-1/0-PC	2,979	934	79	73	4,066
220V-1C-50MCL-0.30km-3F-4H-ACSR 266.8-1/0-PC	3,891	934	79	73	4,977
220V-1C-50MCL-0.30Km-COBRE(3+1)1/0-2C-PC	5,967	869	79	73	6,989
220V-1C-50MCL-0.30km-3F-4H-Cu-1/0-2-PC	4,824	886	79	73	5,863
220V-1C-50MCL-0.30Km-COBRE(3+1)3/0-2/0C-PC	8,979	936	79	73	10,067
220V-1C-50MCL-0.30km-3F-4H-Cu 3/0-1/0-PC	6,730	934	79	73	7,817

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Líneas Subterráneas de BT

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Obra civil	Ingeniería y proyecto	Supervisión	Pruebas	Total [USD/100m]
120V-1C-0.10km-2F-3H-AL-XLP-1/0-2 (NO URBANIZADO)	606	257	1,214	58	113	40	2,288
120V-1C-0.10km-2F-3H-AL-XLP-3/0-1/0 (NO URBANIZADO)	834	257	1,214	58	113	40	2,515
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-1/0-2 (NO URBANIZADO)	855	287	1,214	66	125	47	2,594
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-3/0-1/0 (NO URBANIZADO)	1,114	307	1,324	66	125	47	2,982
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-350-4/0 (NO URBANIZADO)	1,899	366	1,324	66	125	47	3,826
120V-1C-0.10km-2F-3H-AL-XLP-1/0-2 (PHD)	606	257	5,581	58	113	40	6,655
120V-1C-0.10km-2F-3H-AL-XLP-3/0-1/0 (PHD)	834	257	5,581	58	113	40	6,882
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-1/0-2 (PHD)	855	287	5,581	66	125	47	6,961
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-3/0-1/0 (PHD)	1,114	307	5,690	66	125	47	7,349
220V-1C-0.10km-3F-4H-AL-XLP-350-4/0 (PHD)	1,899	366	5,690	66	125	47	8,192

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 23 Costos unitarios de acometidas BT

Acometidas para servicios de BT aérea

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Total [USD/Ud.]
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (1+1)6C CON CONECTOR A COMPRESION	15	11	26
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (1+1)6C CON CONECTOR TIPO CUNA	11	12	23
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (1+1)8C CON CONECTOR A COMPRESION	24	12	36
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (1+1)8C CON CONECTOR TIPO CUNA	25	12	37
SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Al - XLP 1C/1N (44)	33	28	61
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (2+1)4C CON CONECTOR A COMPRESION	41	12	53
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (2+1)6C CON CONECTOR A COMPRESION	24	12	36
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (2+1)6C CON CONECTOR TIPO CUNA	17	12	29
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (2+1)4C CON CONECTOR A COMPRESION	75	12	87
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (2+1)8C CON CONECTOR A COMPRESION	35	12	47
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (2+1)8C CON CONECTOR TIPO CUNA	37	12	49
SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Al - XLP 2C/1N (44)	43	28	71
SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Cu - THWN 2C/1N (46)	67	28	95
SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Cu - THWN 2C/1N (68)	67	28	95
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (3+1)6C CON CONECTOR A COMPRESION	29	14	43
SERVICIO DE RED AEREA CON Al (3+1)6C CON CONECTOR TIPO CUNA	24	14	38
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (3+1)4C CON CONECTOR A COMPRESION	103	14	117
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (3+1)8C CON CONECTOR A COMPRESION	36	14	50
SERVICIO DE RED AEREA CON Cu (3+1)8C CON CONECTOR TIPO CUNA	38	14	52
SERVICIO DE RED SUBTERRANEA CON Al - XLP 3C/1N (44)	73	18	92

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Tabla 24 Costos unitarios de acometidas MT

Acometidas para servicios de MT aérea

Precios en dólares a Diciembre de 2007

Descripción	Materiales	Mano de obra	Total [USD/Ud.]
ACOM AEREA 2F MT 13 KV AAC (CFE CA-MT 101)	54	73	127
ACOM AEREA 2F MT 13 KV CU (CFE CA-MT 101)	94	73	167
ACOM AEREA 2F MT 23 KV AAC (CFE CA-MT 101)	54	73	127
ACOM AEREA 2F MT 23 KV CU (CFE CA-MT 101)	94	73	167
ACOM AEREA 2F MT 33 KV AAC (CFE CA-MT 101)	54	73	127
ACOM AEREA 2F MT 33 KV CU (CFE CA-MT 101)	94	73	167
ACOM AEREA 3F MT 13 KV AAC (CFE CA-MT 101)	81	73	154
ACOM AEREA 3F MT 13 KV CU (CFE CA-MT 101)	142	73	214
ACOM AEREA 3F MT 23 KV AAC (CFE CA-MT 101)	81	73	154
ACOM AEREA 3F MT 23 KV CU (CFE CA-MT 101)	142	73	214
ACOM AEREA 3F MT 33 KV AAC (CFE CA-MT 101)	81	73	154
ACOM AEREA 3F MT 33 KV CU (CFE CA-MT 101)	142	73	214
ACOM DE TRANSICION 3F MT 13 KV AL (CFE CS-MT 101)	1,115	151	1,266
ACOM DE TRANSICION 3F MT 23 KV AL (CFE CS-MT 101)	1,097	151	1,248
ACOM DE TRANSICION 3F MT 33 KV AL (CFE CS-MT 101)	1,745	151	1,896
ACOM SUBTERR 3F EQ SUMERGIBLE MT 13 KV AL (CFE CS-MT 103)	710	205	915
ACOM SUBTERR 3F EQ SUMERGIBLE MT 23 KV AL (CFE CS-MT 103)	840	205	1,045
ACOM SUBTERR 3F EQ SUMERGIBLE MT 33 KV AL (CFE CS-MT 103)	840	205	1,045
ACOM SUBTERR 3F EQ TIPO PEDESTAL MT 13 KV AL (CFE CS-MT 102)	710	205	915
ACOM SUBTERR 3F EQ TIPO PEDESTAL MT 23 KV AL (CFE CS-MT 102)	840	205	1,045
ACOM SUBTERR 3F EQ TIPO PEDESTAL MT 33 KV AL (CFE CS-MT 102)	840	205	1,045
ACOM SUBTERR 3F RDS CONECT MULT MT 13 KV AL (CFE CS-MT 104)	830	205	1,034
ACOM SUBTERR 3F RDS CONECT MULT MT 23 KV AL (CFE CS-MT 104)	988	205	1,193
ACOM SUBTERR 3F RDS CONECT MULT MT 33 KV AL (CFE CS-MT 104)	1,018	205	1,223

Fuente: catálogo de precios de CFE reconocido por la CRE

Los precios correspondientes a las acometidas de MT se refieren a acometidas del tipo aéreas, subterráneas para transformador sumergible y para transformador tipo pedestal para conductor de aluminio y cobre. El código entre paréntesis corresponde al código utilizado por CFE.

4.2. Análisis de los sobrecostos de inversión debido a variables exógenas

El análisis de optimización y adaptación de las instalaciones a la demanda, se desarrollará considerando que las mismas operan en condiciones normales. Por lo tanto, al momento de la valorización de las mismas se considerarán los sobrecostos, si es que existen, que

generan las condiciones particulares de cada zona en función de los modificadores planteados, los cuales comprenden:

- Factores sociales – como vandalismo, robo de energía y robo de cables.
- Factores climáticos – fuertes vientos, tormentas y nivel isocerámico alto.
- Factores de contaminación – contaminación industrial, smog y salina.
- Factores de vegetación y aves – líneas que atraviesan zonas arboladas o selváticas.
- Factores topográficos – terreno montañoso, vialidad complicada.

A partir del análisis de las características de las instalaciones que se desarrollan en los ámbitos mencionados anteriormente, se determinaron los incrementos de costos en base a la experiencia internacional del consultor que se han aplicado en otras revisiones tarifarias, los cuales deben ser ajustados según las indicaciones de CFE para representar de la mejor el efecto buscado.

4.2.1. FACTORES SOCIALES

Los factores sociales comprenden principalmente vandalismo, robo de energía y robo de cables. La tecnología que se aplica a las zonas donde los factores sociales mencionados influyen en los costos que comprenden la instalación de acometidas con conductor concéntrico para evitar los empalmes o conexiones clandestinas, la instalación de aisladores poliméricos de mayor resistencia al impacto y la instalación de postes de mayor altura para dificultar el acceso a los cables en los casos que este sea posible.

Todos estos factores impactan de alguna manera en los costos unitarios de las instalaciones, incrementándolos de la siguiente manera:

- Utilización de cable concéntrico para acometidas de BT y medidor con blindaje mecánico para evitar su manipulación
- La utilización de aisladores poliméricos fue considerada en todas las redes aéreas de MT por lo tanto no introduce un costo extra en las instalaciones. Sin embargo la utilización de postes de mayor altura (15m) para la red de BT, hace que la estructura resulte un 50% mayor que el costo de una estructura con postes de 11 metros. Asimismo la utilización de conductores de aluminio en lugar de cobre reduce el hurto de conductores debido a su menor valor de reventa.

De acuerdo a lo antedicho, se prevé que las líneas de MT y BT en zonas con influencia de factores sociales resulten un 10% más costosas que en zonas normales.

4.2.2. FACTORES CLIMÁTICOS

Los factores climáticos influyen en dos formas principalmente: la primera es que en general en zonas de tormentas fuertes las descargas atmosféricas son muy frecuentes, con lo cual las descargas sobre las líneas de MT deben ser protegidas mediante la colocación de apartarayos entre tramos cortos de líneas, de modo que la descarga no produzca daños a lo largo de ella. Esto se traduce en que en zonas con nivel isocerámico alto, la cantidad de apartarayos por km de red será mayor que en condiciones normales.

El segundo efecto es que los postes deben diseñarse para cargas de ruptura superiores debido al efecto del viento sobre el conductor y la estructura, debiéndose incrementar su resistencia. Este incremento representa un 40% en el costo del poste de una determinada altura, y siendo que los postes representan aproximadamente el 30% del costo de la línea, el mismo se incrementaría en un 11% en el costo total de las líneas de MT.

4.2.3. FACTORES CONTAMINACIÓN

El incremento de costos debido a los factores de contaminación marina o industrial se evidencia en la utilización de conductores de cobre o de aluminio forrado y de aisladores sintéticos para zonas con contaminación que requieren menor mantenimiento en lo que respecta al lavado de los aisladores.

Por lo tanto, en las zonas de contaminación se considera la utilización de las opciones tecnológicas mencionadas anteriormente, con sus costos unitarios asociados.

4.2.4. FACTORES DE VEGETACIÓN Y AVES

En las zonas en que las líneas deben atravesar zonas arboladas o selváticas se prevé la utilización de conductores forrados para evitar las fallas por contacto entre las fases y ramas de los árboles, fallas por colisión de aves contra las fases o por nidos de aves en estructuras o depósitos sobre los aisladores.

En cuanto al costo de los conductores, los mismos serán la tecnología escogida para esas zonas, mientras que las protecciones utilizadas en las estructuras anti-nido pueden representar un incremento del 15% en el costo de las estructuras en las que se instale lo que representa un incremento del 8% en el costo de la línea.

4.2.5. FACTORES TOPOGRÁFICOS

La influencia de los factores topográficos como terreno abrupto en zonas rurales se evidencia en un mayor costo en la mano de obra para la instalación y en la obra civil, mientras que los demás costos se mantienen constantes. Si consideramos un incremento del 15% en la mano de obra y un 5% en el costo de la obra civil, resulta que las líneas de MT en terrenos rurales abruptos son un 8.5% mayores que en condiciones normales.

Estos valores pueden llegar a ser aún mayores, si se considera que en el caso de zonas rurales es relevante también el nivel de accesibilidad al sitio y el nivel de infraestructura para transporte de personas, materiales o equipos.

4.2.6. RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS

Los valores resultantes del análisis anterior son:

Tabla 25 Sobrecostos debido a variables exógenas

Factores exógenos	Red MT	Transf. MT/BT	Red BT
Sociales	10%	10%	10%
Climáticos	11%	-	-
Contaminación	Conductor de CU o semi-aislado	-	-
Vegetación y aves	8%	-	-
Topográficos (zonas rurales)	8.5%		

Fuente: referencias del consultor

5. CONCLUSIONES

Como conclusión se destaca que la información recopilada enviada por CFE se ajusta al requerimiento realizado oportunamente en el pedido de información y en el Informe N°15 mencionado anteriormente. Sin embargo existen inconsistencias en la información que deben ser resueltas para poder realizar la optimización de las instalaciones de distribución y posteriormente calcular el VRN.

Las instalaciones definidas en las normas constructivas de CFE resultan adecuadas para la determinación de las instalaciones óptimas del sistema de distribución, y son las que se consideraron en el análisis técnico-económico para la selección del conductor o módulo de transformador por rango de consumo.

El punto más crítico acerca de la información, es que resulta necesario corroborar con CFE los datos correspondiente a las longitudes de conductor asociados a los circuitos de MT correspondientes a los SER, ya que aproximadamente el 30% de los mismos se informa con longitud igual a cero, y en algunos de los casos en que las longitudes fueron informadas, no se corresponden con valores adecuados para circuitos de MT.

Asimismo, la información estadística histórica se presentó consolidada para CFE, requiriendo que la misma se encuentre desagregada por división de CFE a los efectos de permitir calcular el costo marginal de largo plazo de distribución por división. Esto aplica para la longitud de alimentadores MT, transformadores MT/BT y red de BT y evolución histórica de la energía o demanda máxima de cada división.

Finalmente, los costos unitarios de las unidades constructivas asociados al catálogo de precios de CFE a diciembre de 2007 resultan adecuados, como así también los porcentajes de costos indirectos incluidos en el costo total de las instalaciones.

De todas maneras, es posible que durante el desarrollo de las tareas asociadas al análisis y procesamiento de la información para la optimización surjan consultas o requerimiento de aclaraciones, los cuales serán planteados oportunamente por las vías acordadas.